

Device for the incremental detection of the position of a magnetically levitated vehicle

Publication number: DE3303961

Publication date: 1983-08-18

Inventor: MILLER LUITPOLD (DE); KNOELL HELMUT DR ING (DE); MEINS JUERGEN DR ING (DE)

Applicant: THYSSEN INDUSTRIE (DE)

Classification:

- international: B60L13/06; B60L15/00; B60L13/04; B60L15/00; (IPC1-7): B60L13/00; B61B13/08; G05D1/08

- european: B60L13/06; B60L15/00B1

Application number: DE19833303961 19830205

Priority number(s): DE19833303961 19830205; DE19823204615 19820210

[Report a data error here](#)

Abstract of DE3303961

The incremental detection of the position of a magnetically levitated vehicle, in particular with a long-stator type motor, can take place with at least one coded measuring strip (107) which extends in the direction of travel with a fixed positional assignment to the stator winding and with a sensor system which is arranged on the vehicle and consists of a plurality of sensors (113, 122, 123), arranged in the direction of travel with spacing, for the purpose of detecting the encoding. For reliable determination of the relative and of the absolute position of the vehicle with a high degree of resolution of the available measurement signals, the measuring strip (107) is to have, in addition to pole position encoding, also slot encoding in order to determine the location of the vehicle and the sensors (113, 122, 123) arranged independently of the drive system are to have one the one hand measurement windings for the pole position decoding and on the other hand measurement windings for the slot decoding, the measurement windings for the pole position decoding being arranged at a different angle with respect to the measuring strip (107) from the measurement windings for the slot decoding.

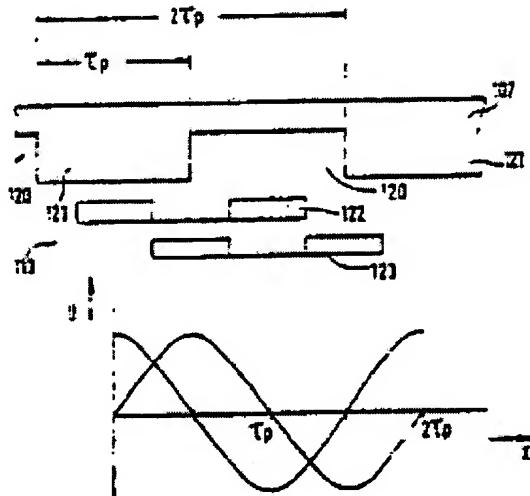


FIG. 12

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3303961 A1

⑤ Int. Cl. 3:
B60L 13/00
G 05 D 1/08
B 61 B 13/08

DE 3303961 A1

⑬ Aktenzeichen: P 33 03 961.5
⑭ Anmeldetag: 5. 2. 83
⑮ Offenlegungstag: 18. 8. 83

⑯ Innere Priorität: 10.02.82 DE 32046154
30.03.82 DE 32116284

⑰ Anmelder:
Thyssen Industrie AG, 4300 Essen, DE

⑲ Erfinder:
Miller, Luitpold, 8012 Ottobrunn, DE; Knöll, Helmut,
Dr.-Ing., 7121 Erligheim, DE; Meins, Jürgen, Dr.-Ing.,
3340 Wolfenbüttel, DE

⑳ Vorrichtung zur inkrementalen Erfassung der Fahrzeuglage eines Magnetschwebefahrzeugs

Die inkrementale Erfassung der Fahrzeuglage eines Magnetschwebefahrzeugs, insbesondere mit Langstatormotor, kann mit wenigstens einer kodierten Meßleiste (107) erfolgen, die sich in Fahrtrichtung mit fester Lagezuordnung zur Statorwicklung erstreckt und mit einem am Fahrzeug angeordneten Sensorsystem aus mehreren in Fahrtrichtung mit Abstand angeordneten Sensoren (113, 122, 123) zum Erfassen der Kodierung. Für eine zuverlässige Bestimmung der relativen und der absoluten Fahrzeuglage bei hoher Auflösung der zur Verfügung stehenden Meßsignale soll die Meßleiste (107) neben einer Pollagekodierung auch eine Schlitzkodierung zum Bestimmen des Fahrzeugortes aufweisen und sollen die unabhängig vom Antriebssystem angeordneten Sensoren (113, 122, 123) einerseits Meßwicklungen für die Pollagedekodierung und andererseits Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung besitzen, wobei die Meßwicklungen für die Pollagedekodierung unter einem anderen Winkel zur Meßleiste (107) angeordnet sind als die Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung. (33 03 961)

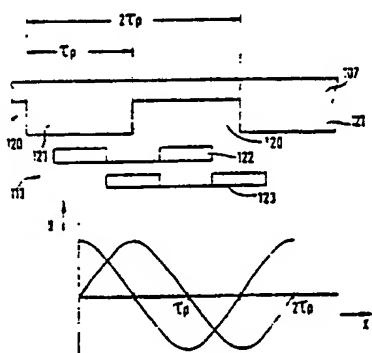


FIG. 12

Ansprüche:

5 1. Vorrichtung zur inkrementalen Erfassung der Fahrzeuglage eines Magnetschwebefahrzeuges, insbesondere mit Langstatormotor, mit wenigstens einer kodierten Meßleiste, die sich in Fahrtrichtung mit fester Lagezuordnung zur Statorwicklung erstreckt, und mit einem am Fahrzeug angeordneten Sensorsystem aus einem oder mehreren in Fahrtrichtung mit Abstand angeordneten Sensoren zum Erfassen der Kodierung, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßleiste (7, 107) neben einer Pollagekodierung (120, 121) auch eine Schlitzkodierung (124) zum Bestimmen des Fahrzeugortes aufweist, und daß die unabhängig vom Antriebssystem angeordneten Sensoren (13, 113, 122, 123) einerseits Meßwicklungen (131) für die Pollagedekodierung und andererseits Meßwicklungen (133) für die Schlitzdekomodierung besitzen, wobei die Meßwicklungen (131) für die Pollagedekodierung unter einem anderen Winkel zur Meßleiste (107) angeordnet sind als die Meßwicklungen (133) für die Schlitzdekodierung.

10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (122, 123) aus U- oder E-förmigen Kernen (127) aufgebaut sind, deren Schenkel (128) auf die Meßleiste (107) gerichtet sind, und daß die Meßwicklungen (131) für die Pollagedekodierung an den Schenkeln (128) sowie die Meßwicklungen (133) für die Schlitzdekomodierung an den Stegen (132) angeordnet sind.

15 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei benachbarte Stege (132) eine Meßwicklung (133) für die Schlitzdekodierung tragen.

20 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Pollagekodierung aus im Abstand der Polteilung der Statorwicklung (1, 101) angeordneten rechteckigen Ausnehmungen (120) der Meßleiste (107) besteht.

25

30

35

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkodierung (124) aus breiten Slitzen (125) besteht, die an den zwischen den Ausnehmungen (120) verbliebenen Zungen (121) angeordnet sind.

10. 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Slitze (125) auf jeder Zunge (121) konstant ist.

15. 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Slitze (125) relativ zu einem konstanten Abstandsraster (126) rechtsbündig oder linksbündig angeordnet sind.

20. 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch zwei Sensoren (122, 123), die in Fahrtrichtung zueinander versetzt angeordnet sind.

25. 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Sensoren (122, 123) um eine halbe Polteilung der Statorwicklung (101) zueinander versetzt sind.

10. 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß den Meßwicklungen (131) für die Pollagedekodierung ein Phasenregelkreis zur Bildung eines gefilterten Pollagevektors zugeordnet ist.

30. 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenregelkreis einen Regler (135) und einen durch dessen Ausgang gesteuerten Oszillator (136) mit nachgeschaltetem Sinus-Kosinus-Konverter (137) aufweist.

35. 12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßleiste (7) eine metallische Referenzfläche (8) mit definierter Lage zur Nutoberfläche des Statorblechpakets (1) eines Langstatorantriebs besitzt und daß gegen diese Referenzfläche (8) der Luftspalt (6) zwischen Nutoberfläche des Statorblechpakets (1) und der Poloberfläche

der Erregermagnete (3) gemessen wird und/oder
daß diese Meßleiste (7) eine Referenzfläche (10) besitzt und
5 daß die Referenzfläche (10) in Ausbreitungsrichtung der von der
Statorwicklung (2) erzeugten Strombelagswelle eine digitale Kodie-
rung mit fester Lagezuordnung zur Statorwicklung trägt und
daß diese definierte Lage durch in Zuordnung zur Nutzung des Stator-
blechpakets (1) mit Hilfe von zusätzlichen am Statorblechpaket
10 (1) eingebrachten Nuten und/oder entsprechender Ausbildung der
Befestigungsteile für die Statorwicklung mit einheitlichen Montage-
teilen ohne zusätzliche Montageeinrichtungen genau und eindeutig
erfolgt und daß die digitale Ortskodierung durch die Abfolge von
elektrisch leitfähiger Beschichtung, elektrisch nichtleitendem
15 Zwischenraum und elektrisch leitfähiger Beschichtung der Referenz-
fläche (10) gebildet wird und
daß die digitale Ortskodierung mit einem oder mehreren induktiven
Sensoren erfaßt wird und
daß die geometrische Lage dieser Sensoren zum Maximum der Grund-
schwingung der Erregerwelle fest vorgegeben ist und daß die Aus-
gangssignale der Sensoren direkt oder nach erfolgter elektronischer
20 Aufbereitung in die Information der Fahrzeuglage mit den daraus
abgeleiteten Größen relative Lage des Erregersystems zur Langsta-
torwicklung (56), Fahrtrichtung (57), Fahrzeuggeschwindigkeit
25 (66,67) Fahrzeugort (68), Lage der Abschnittsschalter (61), Weichen-
ort (62), Phasenfolge der Langstatorwicklung (63) über einen Über-
tragungskanal (64) zum unterwerksseitigen Meßempfänger (65) über-
tragen wird.

30 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,
daß die Meßeinrichtung (9) zur Messung des Luftspalts (6) aus
einem induktiven Spalsensor (14) mit einer Sendespule (15) und
einer Empfängerspule (16) besteht und daß das Ausgangssignal der
Empfängerspule (16) bandgefiltert (20), verstärkt (21) und demo-
35 duliert (22) wird und daß das demodulierte Signal (23) in einem
Digital-Analogwandler (24) in digitale Adressworte (26) umgewandelt
wird und
daß die Meßwerte des Luftspalts (6) in einem Festwertspeicher
(27) unter diesen Adressworten abgelegt sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet,

5 daß die erste und zweite Ableitung des Luftspalts (6) nach der Zeit aus Festwertspeichern (31, 35) gelesen werden und
daß die Adressworte (30, 34) der Festwertspeicher (31, 35) aus der Differenz zeitlich aufeinanderfolgender Meßwerte des Luftspalts bzw. der Luftspaltänderung gebildet werden.

10

15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,

daß das induktive Sensorsystem zur Erfassung der Ortskodierung (10) aus einem Sendesystem (12) und einem Empfangssystem (13) besteht und

15

daß dieses System die Referenzfläche (10), welche die Ortskodierung

trägt, gabelförmig umfaßt und

daß das Sendesystem (12) aus einer von einem Hochfrequenzgenerator (36) gespeisten Sendespule (37) besteht und

20

daß das Empfangssystem (13) aus einer Empfangsspule (38) mit nach-

geschaltetem Bandfilter (39) und Demodulator (40) besteht.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,

daß das Sendesystem (12) und/oder das Empfangssystem (13) aus mehreren Sendespulen und/oder Empfangsspulen besteht.

25

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet,

daß mehrere induktive Sensorsysteme (12, 13) zu Gruppen zusammengefaßt sind und

30

daß diese Sensorgruppen längs des Fahrzeugs symmetrisch zur Fahrzeugmitte angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,

35

daß das induktive Sensorsystem zur Erfassung der Ortskodierung (10) aus einer von einem Hochfrequenzgenerator gespeisten Sende-

spule besteht und

daß die Ortskodierung durch die Dämpfung des Sendesystems erfaßt wird.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet,

5 daß die Ausgangssignale (53) der induktiven Sensorsystem (12,13) in einer Auswerteelektronik (54) derart aufbereitet werden,
daß aus den Ausgangssignalen (53) der induktiven Sensorsysteme durch eine Impulsaufbereitungsstufe (55) eine äquidistante Impulsfolge gebildet wird und

10 daß eine Relativlageelektronik (56) jeweils einen Nullimpuls am Ort der Phase R oder der Phase T oder der Phase S der Langstatorwicklung abgibt und
daß eine Fahrtrichtungselektronik (57) ein digitales Signal über die Fahrtrichtung abgibt und

15 daß die Zeitspanne zwischen zwei von der Impulsaufbereitungsstufe (55) abgegebenen Impulsen mit einer Zeitmeßeinrichtung (66) erfaßt wird und durch nachfolgende Division (67) der Wert der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit gebildet wird und
daß mit den Ausgangssignalen der Impulsaufbereitungsstufe (55),

20 der Relativlageelektronik (56) und der Fahrtrichtungselektronik (57) mit einem Zähler (68) der momentane Fahrzeugort gebildet wird und daß Mustererkennungslogiken für den Ort eines Schaltabschnitts (61) und für den Ort und die Stellung von Weichen (62) und für die Phasenlage der Langstatorwicklung (63) vorgesehen sind.

25

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,
daß aus den Ausgangssignalen der Impulsaufbereitungsstufe (55) und der Relativlageelektronik (56) und der Fahrtrichtungselektronik (57) ein symmetrisches Zweiphasensystem oder Dreiphasensystem gebildet wird derart,
daß die vorgenannten Ausgangssignale mit einem Zähler (69) gezählt werden und dessen Ausgangssignale die Adressen für die nachgeschalteten Festwertspeicher (70, 71, 72) bilden und

35 daß in diesen Festwertspeichern ein zwei- oder dreiphasiges Drehstromsystem tabellarisch abgelegt ist und

-27- - 6 -

daß an den Ausgängen der Festwertspeicher ein zwei- oder dreiphasiges Drehstromsystem (73) in digitaler Kodierung ansteht.

5

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet,
daß das zwei- oder dreiphasige Drehstromsystem (73) mit frequenzunabhängiger Phasenverschiebung tiefpaßgefiltert wird, derart,
daß das zwei- oder dreiphasige Drehstromsystem (73) mittels Digital-Analogwandlern (74, 75, 76) in analoge Größen umgewandelt und diese, sowie die Ausgangsgrößen (80, 81, 82) eines zwei- oder dreiphasigen spannungsgesteuerten Oszillators (83) über Multiplizierer (77, 78, 79) multiplikativ verknüpft und die entstehenden Produkte einem Summationsglied (84) zugeführt werden und daß der Ausgang des Summationsglieds (84) mit einem Integrator (85) verbunden ist und daß der Integrator (85) das Stellsignal (86) für den spannungsgesteuerten zwei- oder dreiphasigen Oszillator (83) liefert und daß die Ausgangsgrößen (80, 81, 82) dieses Oszillators (83) das tiefpaßgefilterte zwei- oder dreiphasige Drehstromsystem bildet.

10

15

20

25

30

35

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
daß der spannungsgesteuerte zwei- oder dreiphasige Oszillator (83) derart aufgebaut ist, daß einem Betragsbildner (87) ein spannungsgesteuerter Oszillator (88) nachgeschaltet ist, dessen Ausgangsimpulse von einem Ringzähler (89) gezählt werden und daß das Vorzeichen der Eingangsspannung (86) des Betragsbildners (87) von einem Komparator (90) erfaßt wird und daß der Komparator (90) die Zählrichtung des Ringzählers (89) bestimmt und daß dessen Ausgangssignale die Adressen für die nachgeschalteten Festwertspeicher (91, 92, 93) bilden und daß in diesen Festwertspeichern ein zwei- oder dreiphasiges Drehstromsystem tabellarisch abgelegt ist und daß an den Ausgängen der Festwertspeicher ein zwei- oder dreiphasiges Drehstromsystem (97) in digitaler Kodierung ansteht und

40

-28-

~~-28-~~
- 7 -

3303961

daß am Ausgang der nachgeschalteten Digital-Analogwandler (94,
95, 96) ein zwei- oder dreiphasiges Drehstromsystem (80, 81, 82)
in analoger Kodierung ansteht.

5

10

15

20

25

30

35

40

05-00-000

3303961

- 8 -

Essen, den 3.2.1983

PZ 3289 I Fö/bk

5

THYSSEN INDUSTRIE AG
Am Thyssenhaus 1
4300 Essen 1

10 Vorrichtung zur inkrementalen Erfassung der Fahrzeuglage
eines Magnetschwebefahrzeuges

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur inkrementalen Erfassung der Fahrzeuglage eines Magnetschwebefahrzeugs, insbesondere mit Langstatormotor, mit wenigstens einer kodierten Meßleiste, die sich in Fahrtrichtung mit fester Lagezuordnung zur Statorwicklung erstreckt, und mit einem am Fahrzeug angeordneten Sensorsystem aus einem oder mehreren in Fahrtrichtung mit Abstand angeordneten Sensoren zum Erfassen der Kodierung.

20

Zur Stabilisierung der Vortriebskräfte bei einem Synchron-Langstator-Motor ist es notwendig, Informationen über die relative Lage des fahrzeugbezogenen Erregerfeldes und der Statorwicklungsverteilung zu gewinnen, um die Phasenlage des schubbildenden Statorstrombelages definieren zu können. Dariüber hinaus werden Informationen über die absolute Fahrzeuglage sowie die Fahrzeuggeschwindigkeit benötigt. Dabei ist es erforderlich, den mechanischen Luftspalt zwischen dem Tragmagneten und der Fahrschiene zu regeln.

30 Bei einem synchronen Linearmotor mit weggesteuerter Erregung ist es bekannt, längs des Stators eine kodierte Meßleiste anzuordnen, die im Bereich von Sensoren liegt, deren Meßsignale Sollwerte für den Erregerstrom liefern (DE-OS 21 16 724). Die Sensoren sind im Bereich

35

- 2 -

~~-2-~~
-9-

der Erregerwicklung angeordnet, so daß die Meßsignale durch die Erregerströme selbst beeinflußt werden.

5

Zur Messung und Regelung des mechanischen Luftspaltes zwischen dem Magneten und der Tragschiene ist ein induktives Meßsystem bekannt, welches direkt zwischen dem Magneten und der Schiene angeordnet ist (DE-OS 28.03.877). Auch dieses Meßsystem wird durch den Magneten

10 selbst beeinflußt.

Die kontinuierliche Erfassung der absoluten Fahrzeuglage, das heißt des Ort des Fahrzeuges längs der Schiene, ist bisher durch Integration der Weginformation erfolgt. Trotz zuverlässiger Integrationsverfahren

15 läßt jedoch eine solche Lagebestimmung zu wünschen übrig, weil Fehler nicht ausgeschlossen werden können, bzw. die Weginformation zuverlässig gespeichert werden muß.

20 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Gattung so zu verbessern, daß die relative und die absolute Fahrzeuglage mit großer Genauigkeit und weitgehend unbeeinflußt durch die Felder des Antriebs ermittelt werden können.

25 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Meßleiste neben einer Pollagekodierung auch eine Schlitzkodierung zur Bestimmung des absoluten Fahrzeugorts aufweist, und daß die unabhängig vom Antriebssystem angeordneten Sensoren einerseits Meßwicklungen für die Pollaggedekodierung und andererseits Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung besitzen, wobei die Achsen der Meßwicklungen für die Pollaggedekodierung unter

30 einem anderen Winkel zur Meßleiste angeordnet sind als die Achsen der Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung.

35 Erfindungsgemäß wird die Meßleiste so angeordnet, daß sie von Feldern des Antriebssystems weitgehend frei ist. Dementsprechend steigt die Empfindlichkeit der der Meßleiste zugeordneten Sensoren. Dadurch wird es wiederum möglich, Sensoren einzusetzen, die einerseits Meßwicklungen für die Pollaggedekodierungen und andererseits Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung besitzen, die also Felder, die zum Zwecke der Messung

-3-
-10-

im Bereich der Meßleiste aufgebaut werden und die durch die Kodierung der Meßleiste beeinflußt werden, entkoppeln können.

5

Insbesondere können die Sensoren aus U- oder E-förmigen Kernen aufgebaut sein, deren Schenkel auf die Meßleiste gerichtet sind, wobei die Meßwicklungen für die Polagedekodierung an den Schenkeln sowie die Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung an den Stegen angeordnet sind.

10 Damit läßt sich durch geometrische Anordnung der einzelnen Meßwicklungen bereits eine weitgehende Entkopplung der gewünschten Meßinformationen erreichen.

15 Die Meßsignale sind im übrigen groß genug, damit durch Differenzbildung der Meßsignale zweier benachbarter Meßwicklungen Störgrößen gleichsam eliminiert werden können. Dementsprechend sollen zwei benachbarte Stege eine Meßwicklung für die Schlitzdekodierung tragen.

20 Unabhängig davon ist es vorteilhaft, wenn zwei Sensorsysteme vorgesehen werden, die in Fahrtrichtung zueinander versetzt und mit unterschiedlichem Abstand zur Meßleiste angeordnet sind. Der unterschiedliche Abstand der Sensoren von der Meßleiste ermöglicht wiederum eine Differenzbildung, durch die Einflüsse des Abstandes der Sensoren von der Meßleiste durch Differenzbildung ausgeschaltet werden können.

25

Die beiden Sensorsysteme, die in Fahrtrichtung zueinander versetzt sind, insbesondere um eine halbe Polteilung der Statorwicklung zueinander versetzt sind, ermöglichen im übrigen die Bestimmung eines sogenannten Pollagevektors, der die relative Lage des Fahrzeugs zur Statorwicklung bestimmt.

30 Mit derartigen Sensoren läßt sich eine sehr einfach aufgebaute, ko-dierte Meßleiste abfragen. Die Pollagekodierung besteht zweckmäßig aus im Abstand der Polteilung der Statorwicklung angeordneten recht-eckigen Ausnehmungen an der Meßleiste. Die Meßwicklungen für die Pol-lagedekodierung registrieren dann die Änderungen eines auf der anderen Seite der Meßleiste aufgebauten Magnetfeldes beim Durchgang der Ausneh-mungen bzw. der dazwischen befindlichen Zungen im wesentlichen als

- 4 -
- 11 -

eine Grundschwingung, deren Frequenz der Polteilung der Statorwicklung entspricht.

5

Die Schlitzkodierung kann demgegenüber aus breiten Schlitzen bestehen, die an den zwischen den Ausnehmungen verbliebenen Zungen angeordnet sind. Durch diese Schlitzkodierung wird zwar die Pollagedekodierung etwas gestört, weil auch durch die Schlitze das auf der anderen Seite der Meßleiste aufgebaute Magnetfeld beeinflußt wird, die Störungen lassen sich aber auf einfache Weise dann beherrschen, wenn die Anzahl der Schlitze auf jeder Zunge konstant ist.

10 Im übrigen ist es zweckmäßig, wenn die Schlitze relativ zu einem konstanten Abstandsraster rechtsbündig oder linksbündig angeordnet sind, weil bei einem konstanten Abstandsraster die Störung der Pollageinformation am geringsten ist und im übrigen durch Anordnung der Schlitze rechts oder links der Rastergrenzen eine eindeutige Information erhalten werden kann.

15

Während die Meßsignale, die die Pollageinformation enthalten, analoge Signale mit hohem Auflösungsvermögen sind, liefern die Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung digitale Meßsignale, die in üblicher Weise zur Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage verarbeitet werden können.

20

25 Zur Verarbeitung der die Pollageinformation enthaltenen Meßsignale kann den Meßwicklungen für die Pollagedekodierung ein Phasen-Regelkreis zur Bildung eines Pollagevektors zugeordnet sein. Der Phasen-Regelkreis weist zweckmäßig einen Regler und einen durch dessen Ausgang gesteuerten Oszillatoren mit nachgeschaltetem Sinus/Kosinus-Konverter auf. Am Ausgang des Reglers entsteht ein Signal, welches der Fahrtgeschwindigkeit entspricht.

30 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus Unteransprüchen, 35 die insbesondere eine Ausführung beschreiben, bei der die Meßleisten einen winkelförmigen Querschnitt besitzen, wobei der vertikale Schenkel der Meßleiste die Pollagekodierung und die Schlitzkodierung trägt, während der horizontale Schenkel der Meßleiste eine außerhalb des

-12-

Tragmagneten liegende Bezugsebene zur Bestimmung des mechanischen Luftspaltes zwischen Tragmagnet und Schiene bildet.

5

Im folgenden werden in der Zeichnung dargestellte Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert; es zeigen:

10 Figur 1 in schematischer Darstellung einen Abschnitt eines Stator-blechpaketes für einen synchronen Langstatormotor eines Magnetschwebefahrzeuges mit einem Abschnitt eines mit dem Fahrzeug verbundenen Tragmagneten,

15 Figur 1a in schematischer Darstellung einen Schnitt in Richtung I-I durch den Gegenstand nach Figur 1,

20 Figur 2 in schematischer Darstellung einen Vertikalschnitt (entsprechend der Projektion in Figur 1a) durch Fahrweg und Magnetschwebefahrzeug,

Figur 3 in perspektivischer Darstellung einen Abschnitt einer Meßleiste,

25 Figur 4 in perspektivischer Darstellung einen Abschnitt einer anderen Meßleiste,

Figur 5 in perspektivischer Darstellung eine Meßeinrichtung zur Erfassung des mechanischen Luftspaltes zwischen Tragmagnet und Schiene,

30 Figur 6 ein Blockschaltbild einer Schaltung zum Auswerten der mit in der Meßeinrichtung nach Figur 5 gewonnenen Meßsignale,

35 Figur 7 in schematischer Darstellung eine Meßeinrichtung für die Pollagedekodierung,

Figur 8 eine andere Ausführung des Gegenstandes nach Figur 7,

Figur 9 charakteristische Signale der Meßeinrichtung nach Figur 8,

5 Figur 10 ein Blockschaltbild für die Bildung der aus den Fahrzeug-
lageinformationen abgeleiteten Größen auf dem Fahrzeug selbst
und deren Übertragung zum Unterwerk,

10 Figur 11 entsprechend Figur 1 in schematischer Darstellung einen
Abschnitt eines Statorblechpaketes für einen synchronen
Langstatormotor mit zugeordneter kodierter Meßleiste sowie
teilweise einen Tragmagneten und ein Sensorsystem zur De-
kodierung,

15 Figur 12 einen Abschnitt der Meßleiste und das Sensorsystem mit wei-
teren Einzelheiten sowie ein Diagramm mit den von den Sen-
soren abgegebenen Meßsignalen,

20 Figur 13 einen Abschnitt der Meßleiste mit zusätzlicher Schlitzko-
dierung und den daraus ableitbaren Signalen,

Figur 14 in schematischer Darstellung einen Horizontalschnitt durch
die Meßleiste und einen zugeordneten Sensor,

25 Figur 15 eine grafische und formelmäßige Darstellung des Pollagevektors
mit einem Referenzvektor,

30 Figur 16 ein Blockschaltbild eines Phasen-Regelkreises zur Ermitt-
lung des Pollagevektors,

Figur 17 das Blockschaltbild eines linearisierten Phasen-Regelkreises
zur Ermittlung des Pollagewinkels,

35 Figur 18 ein Blockschaltbild für die Bestimmung der Fahrzeuggeschwin-
digkeit.

Anhand der Figuren 1 - 10 wird zunächst erläutert, wie aus den Signalen
der Pollagedekodierung und aus den Signalen der Spaltmessung die für
den Betrieb des Fahrzeuges gewünschten absoluten und relativen Fahr-

zeuglageinformationen erhalten werden können, und zwar mit einer Meßleiste ohne Schlitzdekodierung.

5

Im folgenden wird dann unter Bezugnahme auf die Figuren 11 - 18 eine Ausführung erläutert, bei der die Meßleiste zusätzlich eine Schlitzkodierung aufweist.

10 Bei einer Magnetschwebebahn mit synchronem Langstatormotor (Fig. 1) ist das Statorblechpaket 1 ortsfest mit dem Fahrweg verbunden. In die Nuten des Statorblechpaketes 1 ist eine Drehstromwicklung 2 eingelegt, welche vom Antriebswechselrichter des Unterwerks mit Drehstrom variabler Amplitude und Frequenz gespeist wird, wodurch sich in bekannter Weise eine fortschreitende Strombelagswelle längs des Stators ausbildet. Zur Minimierung des Blindleistungs- und Spannungsbedarfs dieses Motors wird jeweils nur ein Teilstück der Statorwicklung 2 mit sogenannten Abschnittschaltern aktiviert, welche abhängig von der Lage des Fahrzeugs relativ zum Fahrweg betätigt werden.

15 20 Das Erregerfeld der Langstator-Synchronmaschine wird durch die mit dem Fahrzeug verbundenen Tragmagnete 3, bestehend aus dem Magnetkern 4 und der Erregerwicklung 5 erzeugt. Neben der Funktion des magnetischen Tragens stellen die Tragmagnete somit gleichzeitig das Erregerfeld der Synchronmaschine bereit.

25 Zur Ausbildung der gewünschten Vortriebskraft ist es erforderlich, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Induktionswelle und damit auch die Fahrzeuggeschwindigkeit synchron mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Strombelagswelle erfolgt. Die maximale Vortriebskraft ergibt sich bei vorgegebenen Amplituden der beiden Grundschwingungs-Wanderwellen, wenn die optimale relative Lage des fahrzeugbezogenen Erregerfeldes zur Statorwicklungsverteilung eingehalten wird. (Bei einem Synchron-Drehstrommotor entspräche dies der Einhaltung des optimalen Polradwinkels)

30 35 Dies kann durch geeignete Frequenzregelung des Antriebswechselrichters im Unterwerk erreicht werden, wobei die momentane Fahrzeuggeschwindigkeit und die relative Lage des Erregersystems 3 z.B. zur Phase R der Ständerwicklung 2 für die Steuerung des Antriebswechselrichters

im Unterwerk als Meßgrößen vorliegen müssen.

- 5 Des weiteren sollte ein Fahrzeuglageerfassungssystem die Weichenorte sowie eventuelle Änderungen zur Phasenfolge der Ständerwicklung 2 erkennen können.
- 10 Zur Regelung des Schwebearstandes 6 auf einen vorgegebenen Wert ist dieser, sowie dessen erste und zweite Ableitung nach der Zeit erforderlich. Durch die Nutzung des Ständerblechpaketes und deren Lamellierung gestaltet sich die berührungsreie Erfassung dieser Größen außerordentlich schwierig und ist bislang noch nicht befriedigend gelöst.
- 15 Die für die Trag- und Antriebsregelung von Magnetschwebefahrzeugen mit Langstatormotor benötigten Meßgrößen
 - Schwebearstand und dessen erste und zweite Ableitung nach der Zeit
- 20 - Fahrzeuglage mit den daraus abzuleitenden Größen
 1. relative Lage des Erregersystems zur Langstatorwicklung
 2. Fahrtrichtung
 3. Fahrzeuggeschwindigkeit
 - 25 4. Fahrzeugort
 5. Lageerkennung der Abschnittsschalter
 6. Weichenort
 7. Phasenfolge der Langstatorwicklung
- 30 wurden bei bislang bekannt gewordenen Einrichtungen jeweils mit getrennten Einrichtungen erfaßt.
Dasselbe gilt für Kurzstatorfahrzeuge, bei denen jedoch die abzuleitenden Größen 1., 5. und 7. entfallen.
Die vorgenannten auf die jeweilige Meßaufgabe zugeschnittenen Einrichtungen ergeben eine hohe Komplexität des Gesamtsystems und sind deshalb technisch und wirtschaftlich nicht befriedigend. Die vorliegende Erfindung versucht hier Abhilfe zu schaffen.

Dazu wird erfindungsgemäß eine Meßleiste längs des Statorblechpaket 5 angebracht, welche in einem unveränderlichen Abstand zur Zahnoberfläche des Statorblechpaket formschlüssig fixiert ist und in Ausbreitungsrichtung der Strombelagswelle eine feste Zuordnung zur Langstatorwicklung besitzt. Die definierte Lage der Meßleiste wird zweckmäßigerweise durch zusätzlich am Statorblechpaket eingebrachte Nuten und/oder entsprechenden Halterungen an den Befestigungsteilen der 10 Statorwicklung mit einheitlichen Montageteilen ohne zusätzliche Justageeinrichtungen genau und eindeutig erreicht.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit der am Statorblechpaket 1 befestigten winkelförmigen Meßleiste 7, bei welcher parallel zur Nutoberfläche des Statorblechpaket 15 und in Fortschreibungsrichtung der Strombelagswelle ein durchgehender Metallbelag 8 aufgebracht ist. Dieser Metallbelag dient als Meßfläche zur Erfassung des Tragspalts 6 mittels des Sensors 9, welcher in definierter Lage zur Poloberfläche des Magnetkerns 4 montiert ist. Die bei Messung des Tragspalts 6 gegen das genutete Statorblechpaket auftretenden Probleme werden damit umgangen. Des weiteren weist das durch den Sensor 9 gegen die Meßfläche 8 gemessene Spaltsignal nahezu keine Störsignale auf, so daß die erste und zweite zeitliche Ableitung des Spaltsignals auch durch Differenzierung dieses Spaltsignals gewonnen werden kann.

25

Bei Kurzstatorfahrzeugen kann aus Kostengründen auf die Meßfläche 8 verzichtet und statt dessen gegen die massive Reaktionsschiene gemessen werden.

30 Weiterhin ist an die winkelförmige Meßleiste 7 eine weitere metallische Meßfläche 10 angebracht, welche in Ausbreitungsrichtung der Strombelagswelle unterbrochen ist, wobei diese Unterbrechungen in fester Zuordnung zur Langstatorwicklung 2 angebracht sind und damit den Informationsträger für die Fahrzeuglage und den daraus gebildeten Untergrößen bildet.

Die auf der Meßfläche 10 digital gespeicherte Information wird mit einem Sensorsystem 11, bestehend aus einer Senderspule 12 und einer

Empfängerspule 13, erfaßt. Das Sensorsystem ist mit dem Magnetkern 4 des Erregersystems 3 oder mit dem Fahrzeugrahmen fest verbunden, wo-
5 bei dessen Lage zum Maximum der Grundschwingung der Erregerwelle fest vorgegeben ist.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Meßleiste 7 aus einem elektrisch nichtleitenden Material, auf welches ein in Ausbreitungsrich-
10 tung X der Strombelagswelle durchgehendes, elektrisch leitfähiges, Material 8 aufgebracht ist, gegen deren Oberfläche die Spaltinfor-
mation gemessen wird. Eine weitere metallische Beschichtung 10 dient als digitaler Informationsträger der Lageinformation.
In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Meßleiste 7 dar-
15 gestellt, bei welcher sowohl die Lageinformation als auch die Spalt-
information in der metallischen Beschichtung 10 in digitaler Form gespeichert sind.

Fig. 5 zeigt eine Meßeinrichtung zur Erfassung des Tragspalts. Auf ein isolierendes Trägermaterial 14 ist eine Sendespule 15 und eine
20 Empfangsspule 16 aufgebracht, wobei der Rückleiter dieser Spulen durch die metallisierte Rückseite 17 des Trägermaterials gebildet wird.

Die Sendespule 15 bildet mit der Empfangsspule 16 einen Hochfrequenz-
transformator, dessen magnetische Kopplung sich in Abhängigkeit des
25 Abstands einer metallischen Platte von der durch die Sende- und Em-
pfangsspulen aufgespannten Ebene ändert.

Wird die Sendespule 15 von einem amplituden- und frequenzstabilen
Hochfrequenzgenerator 18 gespeist, so ergibt sich am Ausgang der Em-
pfangsspule 16 ein hochfrequentes Signal, dessen Amplitude sich in
30 Abhängigkeit des Abstands einer metallischen Platte von der durch
die Sende- und Empfangsspulen aufgespannten Ebene ändert. In einer
nachgeschalteten linearen Aufbereitungselektronik 19 wird dieses Sig-
nal durch ein auf die Frequenz des Hochfrequenzgenerators 18 abge-
stimmtes Bandfilter 20 gefiltert, mit einem Verstärker 21 verstärkt
35 und schließlich mittels eines Demodulators 22 demoduliert. Das am
Ausgang der Aufbereitungselektronik 19 anstehende Gleichspannungs-
signal 23 ist eine nichtlineare Funktion des vorgenannten Abstands.
Die Linearisierung des Meßsystems sowie die Bildung der ersten und

-21-
-18-

zweiten Ableitung nach der Zeit wird zweckmäßigerweise digital durchgeführt.

5

Fig. 6 zeigt hierzu ein Ausführungsbeispiel. Das Ausgangssignal 23 der linearen Aufbereitungselektronik 19 wird in einem Digital-Analogwandler 24 in ein digitales Datenwort 26 umgewandelt, welches synchron zu dem von einem Taktgenerator 25 erzeugten Takt signal am Eingang eines Festwertspeichers 27 ansteht. Das vom Digital-Analogwandler 24 gelieferte Datenwort 26 bildet damit die Adresse 26 des Festwertspeichers 27 unter welcher der Wert des linearisierten Tragspalts tabellarisch abgelegt ist. Damit steht am Ausgang des Festwertspeichers zu jedem - durch den Taktgenerator 25 vorgegebenen - Zeitpunkt t_n ($n = 1, 2 \dots \infty$) der Istwert des Tragspalts s_n als digitales Datenwort an.

Zur Bildung der ersten Ableitung des Tragspalts nach der Zeit werden jeweils zwei zeitlich aufeinanderfolgende Tragspalt-Meßwerte $s_n = s(t_n)$ und $s_{n-1} = s(t_{n-1})$ in einem Zwischenspeicher 28 abgespeichert und in einem Subtrahierwerk 29 zum Zeitpunkt t_n voneinander subtrahiert.

Das Datenwort $s_n - s_{n-1}$ bildet die Adresse 30 für den nachfolgenden Festwertspeicher 31, in welchem die Werte $(s_n - s_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$ abgespeichert sind. Wird der Wert der Zeitdifferenz $t_n - t_{n-1}$ durch Wahl der Frequenz des Taktgenerators 25 klein genug gewählt, so steht zum Zeitpunkt t_n am Ausgang des Festwertspeichers 31 der gewünschte Wert der ersten Ableitung des Tragspalts s_n nach der Zeit \dot{s}_n als Digitalwort an.

In derselben Weise wird die zweite Ableitung \ddot{s}_n nach der Zeit des Tragspalts s_n über den Zwischenspeicher 32, das Subtrahierwerk 33 und den Festwertspeicher 35 gebildet.

Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines auf einem induktiven Meßverfahren beruhenden Sensorsystems, welches auch unter erschwerten Umweltbedingungen in der Lage ist, die zwischen der metallischen Beschichtung 10 vorhandenen Schlitze der Meßleiste 7 sicher zu erkennen. Die Meßleiste 7 ist zwischen dem Sendesystem 12 und dem Empfangssystem 13 eingebracht. Das Sendesystem 12 erzeugt über eine von einem Hochfrequenzgenerator 36 gespeisten Sendespule 37 ein magnetisches Hochfrequenzfeld.

quenzfeld, welches von der Empfangseinrichtung 13, bestehend aus einer Empfangsspule 38 mit nachgeschaltetem, auf die Sendefrequenz abgestimmten Bandfilter 39 und einem Demodulator 40 erfaßt wird. Befindet sich senkrecht zur Verbindungsachse der Sende- und Empfangsspule eine metallische Platte, so wird das Magnetfeld der Sendespule 37 von der Empfangsspule 38 abgeschirmt, wodurch die Ausgangsspannung U_a der Empfangseinrichtung einen sehr kleinen Wert annimmt. Befindet sich jedoch senkrecht zur Verbindungsachse der Sende- und Empfangsspule ein von zwei Metallplatten berandeter nichtleitender Zwischenraum, so wird die Ausgangsspannung U_a der Empfangseinrichtung 13 maximal. Dieses Maximum gibt somit die Mitte eines von zwei Metallplatten begrenzten Zwischenraums mit hinreichender Genauigkeit wieder.

15 Zur Erhöhung dieser Genauigkeit kann es zweckmäßig sein, mehrere Sendesysteme und/oder Empfangssysteme zur Gewinnung des vorgenannten Maximums einzusetzen.

Fig. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einem Sendesystem 12 und einem erweiterten Empfangssystems 41, bei welchem die Empfangsspule 38 mit nachgeschaltetem Bandfilter 39 und Demodulator 40 durch zwei weitere, um den Abstand a versetzten Empfangsspulen 42 und 43 mit nachgeschalteten Bandfiltern 39 und Demodulatoren 40 ergänzt wurde. Das Ausgangssignal der Empfangsspule 38 wird mit den negativ bewerteten Ausgangssignalen 44, 45 der Empfangsspulen 42 und 43 einer Summationsstelle 46 mit nachfolgender Gleichrichtung 47 und Quadrierung 48 zugeführt. Das Ausgangssignal des Quadrierbausteins 48 weist die gewünschte schärfere Ausbildung des Maximums auf. Zur Gewinnung eines Digitalsignals aus der Ausgangsspannung des Quadrierbausteins 48 ist es weiterhin zweckmäßig, diese Spannung einem Komparator 49 zuzuführen, wobei dessen Referenzwert aus dem zeitlich vorhergehenden Maximum gebildet wird.

Dazu wird dieses Maximum mit einem Spitzenwertmesser 50 erfaßt und mit einem konstanten Faktor 51 ($K < 1$) bewertet. Damit ist sichergestellt, daß die Impulsbreite des Digitalsignals selbst bei veränderlicher Amplitude des Maximums stets unverändert bleibt.

-13-
-20-

Zur Verdeutlichung der vorstehend gemachten Ausführungen zeigt Fig. 9 die charakteristischen Signale der Einrichtung nach Fig. 8. Selbstverständlich kann auch ein Sensorsystem, welches nur aus Sendespulen besteht und deren Dämpfung durch die Metallplatten gemessen wird, eingesetzt werden.

Mit den Sensorsystemen nach Fig. 7 oder Fig. 8, kann die auf der Meßleiste in Form der Abfolge von Metallschicht-Zwischenraum-Metallschicht gespeicherte Digitalinformation zuverlässig erfaßt werden. Zur Erhöhung der Auflösung der Lageinformation können darüber hinaus mehrere Sensoren in Ausbreitungsrichtung der Strombelagswelle örtlich derart versetzt werden, daß diese einen Nonius bilden.

Zur Vermeidung von Fehlern, welche sich aus Längsverschiebungen der Fahrzeugsektionen ergeben können, ist es zweckmäßig, mehrere Sensorgruppen symmetrisch zur Mittellinie des Fahrzeugs anzurufen.

Mit den vorgenannten Maßnahmen kann die gesamte für ein Langstator-Magnetschwebefahrzeug benötigte Lageinformation in die Meßleiste eingeschrieben und auf dem Fahrzeug erfaßt werden. Die Übertragung dieser Lageinformation zum Unterwerk erfolgt dann beispielsweise über Funk, wobei auf den üblicherweise bereits vorhandenen Schlitzhohlleiter als Übertragungskanal zurückgegriffen werden kann.

Allerdings liegt die von den Sensoren erfaßte Lageinformation nur in Form von Digitalimpulsen vor, die entweder im Unterwerk oder aber im Fahrzeug selbst geeignet umgeformt werden müssen.

Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die Bildung der aus der Fahrzeulgäleinformation abgeleiteten Größen auf dem Fahrzeug selbst und deren Übertragung zum Unterwerk. Die Ausgangssignale 53 der einzelnen oder in Gruppen zusammengefaßten und längs des Fahrzeugs verteilten Sensoren 52, werden in einer Auswerteelektronik 54 aufbereitet. Hierzu werden die Ausgangssignale in der Impulsaufbereitungsstufe 55 in eine äquidistante Impulsfolge umgewandelt. Eine Relativlageelektronik 56 gibt auf die Phase R der Langstatorwicklung bezogene sogenannte Nullimpulse ab und eine Fahrtrichtungselektronik 57 erkennt aus der zeitlichen Abfolge der Ausgangssignale 53 von minde-

stens zwei benachbarten Sensoren die Fahrtrichtung des Fahrzeugs.

Zur Steigerung der Auflösung der Lageinformation können die Ausgangssignale der Elektronik-Baugruppen 55, 56 und 57 noch durch die Messung der Fahrzeugbeschleunigung durch einen Beschleunigungsmesser 58 und der daraus durch einen Integrator 59 gebildeten Fahrzeuggeschwindigkeit sowie der durch einen weiteren Integrator 60 gebildeten Wegstrecke gestützt werden.

5 10 Mustererkennungslogiken für den Ort eines Schaltabschnitts 61, für den Ort und die Stellung von Weichen 62 und für die Phasenfolge der Langstatorwicklung 63 erkennen die in der Meßleiste eingeschriebene und von den Sensoren 52 erfaßte Information und geben sie über einen drahtlosen Informationskanal 64 an den unterwerkseitigen Empfänger 15 65 weiter.

Ebenso wird das digitale Ausgangssignal der Fahrtrichtungselektronik 57 und die von der Relativlageelektronik 56 abgegebenen Nullimpulse (welche die Lage der Phase R der Langstatorwicklung relativ zum Erregersystem angeben) direkt über den Informationskanal 64 an den unterwerkseitigen Empfänger 65 weitergeleitet. Zur Bildung der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit wird die Zeitspanne zwischen jeweils 20 zwei aufeinanderfolgenden - von der Impulsaufbereitungsstufe 55 gelieferten - Impulsen mittels einer Zeitmeßeinrichtung 66 gemessen.

25 25 Die in einem nachgeschalteten Dividierer 67 durchgeföhrte Division führt bei bekannter Teilung der Meßleiste auf die gewünschte momentane Fahrzeuggeschwindigkeit.

30 Die Aufbereitung der Weginformation erfolgt in einem Impulszähler 68, welcher abhängig vom Ausgangssignal der Fahrtrichtungselektronik 57 vorwärts oder rückwärts zählt...
Die absolute Weginformation steht als Vielfaches der Polteilung der Langstatorwicklung (über die Zählung der Ausgangsimpulse der Relativlageelektronik 56) mit der aus den Ausgangsimpulsen der Impulsaufbereitungselektronik 55 gewonnenen Feinunterteilung als Digitalinformation zur Verfügung.

Mit den vorstehenden Ausführungen ist gezeigt, daß die Fahrzeuglage

und die daraus abzuleitenden Größen auf dem Fahrzeug selbst ermittelt und über den drahtlosen Übertragungskanal 64 zum unterwerksseitigen Empfänger 65 übertragen werden können. Häufig ist es jedoch zweckmäßig, die Information

- Fahrtrichtung
- Relativlage der Phase R
- Fahrzeuggeschwindigkeit
- absolute Wegstrecke

nicht direkt, sondern implizit als trigonometrische Funktionen am Ausgang des unterwerksseitigen Empfängers 65 bereitzustellen. Hierzu genügt ein Zweiphasensystem, aus Redundanzgründen ist jedoch ein symmetrisches Dreiphasensystem vorzuziehen. Zur Erzeugung dieses symmetrischen Dreiphasensystems werden die Ausgangsimpulse der Impulsaufbereitungsstufe 55 von einem Zähler 69 gezählt, wobei dieser von den Ausgangsimpulsen der Relativlageelektronik 56 jeweils auf den Zählerstand Null gesetzt wird und abhängig vom Ausgangssignal der Fahrtrichtungselektronik 57 vorwärts oder rückwärts zählt. In den nachgeschalteten Festwertspeichern 70, 71 und 72 sind die um je $2\pi/3$ phasenversetzten Sinusfunktionen tabellarisch abgelegt, so daß an deren Ausgang das gewünschte dreiphasige Drehstromsystem 73 in digitaler Form ansteht. Hierbei wird eine Periode vom Beginn eines Nullimpulses bis zum jeweils nächsten Nullimpuls der Relativlageelektronik durchlaufen.

Da hochfrequente Störungen unter den erschwerten Umweltbedingungen eines Magnetschwebefahrzeugs nicht auszuschließen sind, ist es zweckmäßig, das analoge Äquivalent des symmetrischen Drehstromsystems 73 mit einem Tiefpaß zu filtern. Passive Tiefpässe eignen sich infolge der frequenzabhängigen Phasenverschiebung in diesem Anwendungsfall nicht.

Über eine Regelschaltung kann jedoch das gewünschte Tiefpaßverhalten erzielt werden, wobei ein neues symmetrisches und tiefpaßgefiltertes Dreiphasensystem entsteht, das gegenüber dem Original-Drehstromsystem 73 eine konstante frequenzunabhängige Phase von $\pi/2$ aufweist.

Hierzu werden die digitalen Ausgangsgrößen des Original-Drehstromsystems 73 über die Digital-Analogwandler 74, 75 und 76 in ein ana-

loges System umgewandelt. Die an den Ausgängen der Digital-Analogwandler 74, 75 und 76 anstehende symmetrische Dreiphasenspannung wird

5 mittels dreier Multiplizierer 77, 78 und 79 mit den Ausgangsspannungen 80, 81 und 82 eines spannungsgesteuerten dreiphasigen Oszillators 83 multipliziert. Die Produkte der Multiplizierer-Ausgangsspannungen werden in einem Summationsglied 84 aufsummiert und einem Integrator 85 zugeführt. Dessen Ausgangsspannung verstellt den spannungs-

10 gesteuerten Oszillator 83 derart in Frequenz und Phasenlage, daß im eingeschwungenen Zustand dessen Ausgangsspannungen 80, 81 und 82 dieselbe Frequenz sowie eine konstante, frequenzunabhängige Phasenverschiebung von $\pi/2$ gegenüber jenen des Original-Drehstromsystems (an den Ausgängen der Digital-Analogwandler 74, 75 und 76) aufweisen.

15 Der dreiphasige spannungsgesteuerte Oszillator 83, dessen Ausgangsspannungen 80, 81 und 82 sich in der Frequenz abhängig von der Eingangsspannung 86 verstehen lassen, ist wie folgt aufgebaut:

20 Einem Betragsbildner 87 ist ein spannungsgesteuerter Oszillator 88 nachgeschaltet, dessen Ausgangsfrequenz linear von seiner Eingangsspannung abhängt. Die Ausgangsimpulsfolge des spannungsgesteuerten Oszillators 88 wird von einem Ringzähler 89 gezählt, wobei die Zählrichtung von der Polarität der Eingangsspannung über den Komparator

25 90 bestimmt ist. Der Zählerstand des Ringzählers 89 dient als Eingangsgröße der Festwertspeicher 91, 92 und 93, in welchen die um je $2\pi/3$ phasenversetzten Sinusfunktionen tabellarisch abgelegt sind. Im Ausgang dieser Festwertspeicher liegt damit das gewünschte symmetrische Drehstromsystem in digitaler Kodierung vor, welches mit den nachgeschalteten Digital-Analogwandlern 94, 95 und 96 in Analoggrößen umgewandelt wird.

An den Ausgängen der Festwertspeicher 91, 92 und 93 steht nunmehr das tiefpaßgefilterte, in ein symmetrisches Dreiphasensystem 97 verschlüsselte Fahrzeuglagesignal an, das gegenüber dem Original-Drehstromsystem 73 eine konstante frequenzunabhängige Phasenverschiebung von $\pi/2$ aufweist. Die Bandbreite dieses Tiefpasses mit frequenzunabhängiger Phasenverschiebung wird durch die Integrationszeitkonstante des Integrators 85 festgelegt.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß das Fahrzeuglagesignal und die hieraus abgeleiteten Größen mit einfachen elektronischen Mitteln zuverlässig und störsicher selbst unter rauen Umweltbedingungen erfaßt werden kann.

Im folgenden wird eine Ausführung beschrieben, bei der die Meßleiste zusätzlich noch eine Schlitzkodierung für die Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage längs des Fahrweges besitzt. Zu dieser Ausführung gehört auch ein abgewandtes Sensorsystem.

In Figur 11 ist wiederum das Statorblechpaket 101 des Langstatormotors mit der in fester Lagezuordnung und parallel dazu angeordneten Meßleiste 107 dargestellt. Die Meßleiste 107 besitzt als Pollagedekodierung in regelmäßigen Abständen angeordneten Ausnehmungen 120, zwischen denen Zungen 121 verbleiben. Die Länge der Ausnehmungen 120 bzw. der Zungen 121 in Längsrichtung (x-Richtung) entspricht jeweils einer Polteilung T_p . Dementsprechend ist die Pollagekodierung den Phasen der mehrsträngigen Statorwicklung zugeordnet.

Am Fahrzeug befindet sich in räumlich fester Zuordnung zum Tragmagneten 103 ein Sensorsystem 113, dessen Länge in x-Richtung wenigstens der doppelten Polteilung T_p entspricht. Der räumliche Abstand des Sensorsystems 113 zum Tragmagneten 103 ist frei wählbar, weil die vom Sensorsystem 113 abgegebenen Meßsignale periodische Meßsignale sind, die insbesondere einer Sinus/Kosinus-Funktion folgen, womit eine räumliche Winkelverschiebung dieser Signale möglich ist.

Aus Figur 12 entnimmt man, daß das Sensorsystem, welches insgesamt eine Länge besitzt, die der doppelten Polteilung entspricht, aus zwei Sensoren 122, 123 besteht, die in x-Richtung relativ zueinander um eine halbe Polteilung versetzt angeordnet sind. Relativ zur Meßleiste 107 besitzen die beiden Sensoren 122, 123 unterschiedlichen Abstand.

Die Sensoren 122, 123 sind so ausgebildet, daß sie im Zuge der Pollagedekodierung aus dem rechteckigen Verlauf der Pollagekodierung (Ausnehmungen 120, Zungen 121) Meßsignale abgeben, die im wesentlichen

nur den Grundwellenanteil enthalten. Entsprechende Meßsignale sind im Diagramm im unteren Teil der Figur 12 wiedergegeben. Die Meßsignale der beiden Sensoren 122, 123 sind um eine halbe Polteilung versetzt. Abstandsschwankungen des Sensorsystems 113 gegenüber der Meßleiste 107 äußern sich nur in der Amplitude der Meßsignale, nicht aber in deren Phasenlage. Durch Differenzbildung der Meßsignale lassen sich daher Abstandseinflüsse auf einfache Weise eliminieren.

10

Die in den Figuren 11 und 12 dargestellte Meßleiste 107 besitzt darüber hinaus eine Schlitzkodierung 124, die in Figur 13 dargestellt ist. Dazu weist jede Zunge 121 eine Reihe von Schlitzen 125 auf, die bezüglich eines konstanten Abstandsrasters 126 rechtsbündig oder linksbündig angeordnet sind. Das Abstandsraster 126 ist jeweils durch die Trennung zwischen dunklen und hellen Bereichen der Schlitze 125 definiert. Im unteren Teil der Figur 13 sind darüber hinaus die jeweiligen Auslesesignale mit dazugeordneten Synchronisationssignalen dargestellt. Aus der Kombination von Auslesesignalen und entsprechenden 20 Synchronisationen werden binäre Worte gebildet, die den jeweiligen Ort des Fahrzeuges längs des Fahrweges definieren.

Im Hinblick auf eine geringe Rückwirkung der Schlitzkodierung 124 auf die Pollagedekodierung ist dabei die Anzahl der angeordneten Schlitze 25 125 auf jeder Zunge 121 konstant. Die Wertigkeit eines jeden Schlitzes 125 ist durch seine räumliche Lage (rechtsbündig - linksbündig) innerhalb eines jeden Schlitzes zugewiesenen Bereiches gekennzeichnet. Die Zuordnung jeder gelesenen Schlitzinformation erfolgt durch das Pollagesignal, da sich dessen zeitlicher Verlauf an der Pollagekodierung 30 orientiert. Abhängig von dem Auflösungsvermögen der zu lesenden Schlitzinformation, der Länge der Pollagekodierung und der Länge der zu lesenden Information können eine oder mehrere Pollagekodierungen zur Beschreibung eines binären Wortes verwendet werden.

35 Figur 14 zeigt in schematischer Darstellung den Aufbau eines Sensors 122 oder 123 des Sensorsystems 112, 113. Jeder Sensor 122 bzw. 123 besteht aus einer Reihe von U- oder E-förmigen Kernen 127. Beidseits der Meßleiste 107 ist jeweils eine Reihe von Kernen 127 angeordnet.

40

06-00-000

- 19 -
- 26 -

3303961

Die in Figur 14 obere Reihe der Kerne 127 dient zum Aufbau eines in der Figur 14 angedeuteten Magnetfeldes. Dazu trägt jeder zweite Schenkel 128 der Kernreihe eine Wicklung 129. Die Wicklungen 129 sind untereinander in Reihe geschaltet und mit einem Generator 130 verbunden.

5

Die in Figur 14 untere Reihe der Kerne 127 trägt wiederum an jedem zweiten Schenkel 128 eine Meßwicklung 131. Diese Meßwicklungen 131 sind untereinander in Reihe geschaltet, sie dienen zur Pollagedekodierung.

10

Wenigstens zwei benachbarte Stege 132 der in Figur 14 unteren Kernreihe tragen ebenfalls in Reihe geschaltete Wicklungen 133, die als Meßwicklung für die Schlitzdekodierung dienen.

15

Das von den Erregerwicklungen 129 auf der einen Seite der Meßleiste 107 erzeugte magnetische Wechselfeld wird auf der anderen Seite der Meßleiste 107 von den Wicklungen 131 für die Pollagedekodierung und 20 133 für die Schlitzdekodierung erfaßt. Die gewünschten Informationen werden durch Modulation der magnetischen Flußverteilung, die in Figur 14 angedeutet ist, ermittelt. Dabei werden die in der elektrisch leitfähigen Pollagekodierung der Meßleiste 107 auftretenden Wirbelstromeffekte ausgenutzt. Während die Pollageinformation integral über 25 den Bereich von etwa einer Polteilung bestimmt wird, erfolgt die Schlitzdekodierung in einem engbegrenzten Bereich durch die zusätzliche Wicklung 133, welche die beim Passieren eines Schlitzes 125 auftretenden Feldunsymmetrien erfaßt und ausnutzt.

30 Um den Einfluß der Schlitzdekodierung auf die Pollagedekodierung gering zu halten, ist die Anzahl der Slitze 125 auf jeder Zunge 121 konstant und sind die Slitze 125 im wesentlichen an den gleichen Orten der Zungen 121 angeordnet, nämlich jeweils rechtsbündig oder linksbündig zu den Grenzen des Abstandsrasters.

35 Die Auswertung der Meßsignale für die Schlitzdekodierung erfolgt unter Verwendung der Figur 13 dargestellten Auslesesignale und Synchronisationssignale in bekannter Weise.

Die Auswertung der Meßsignale für die Pollagedekodierung erfolgt zweckmäßig dadurch, daß zunächst ein Pollagevektor gebildet wird, dessen
5 Definition sich aus den Formeln und der grafischen Darstellung in Figur 15 ergibt. Die verwendeten Symbole sind wie folgt definiert:

10 \underline{U}_{pm} Pollagemeßvektor

15 \underline{U}_{pR} Referenzvektor

20 θ_m Pollagewinkel (Messung)

25 θ_R Pollagewinkel (Referenz)

30 $\Delta\theta$ Phasenabweichung

35 v_R Fahrzeuggeschwindigkeitssignal

40 T_s Integrationszeitkonstante Fahrzeug

Zur Elimination der Amplitudenabhängigkeit und zur Dämpfung vorhandener Oberschwingungen im Pollagesignal des Sensorsystems 113 wird der gemessene Pollagevektor multiplikativ entsprechend der Gleichung 1 in Figur 15 mit einem Referenzvektor \underline{U}_{pR} verknüpft. Diese Beziehung entspricht einer Koordinatentransformation des Pollagemeßvektors \underline{U}_{pm} auf ein Referenzkoordinatensystem. Durch Nachführen des Referenzvektors \underline{U}_{pR} wird der stationäre Winkelfehler unabhängig von der Frequenz des Pollagesignales zu Null geregelt.

Der der Winkeldifferenz $\theta_m - \theta_R$ entsprechende Imaginärteil wird einem Phasenregelkreis zugeführt, der in Figur 16 dargestellt ist. Dieser Phasenregelkreis besitzt zunächst eine Schaltung 134 zum Ausgleich von Nichtlinearitäten. An die Schaltung 134 schließt sich ein Regler 135 an, der ein analoges Ausgangssignal liefert, welches der Fahrzeuggeschwindigkeit proportional ist. Der Regler 135 steuert einen spannungssteuerten Oszillatator 136, an dessen Ausgang ein Sinus-Kosinus-Konverter 137 liegt, welcher den Referenzvektor \underline{U}_{pR} liefert. Der Referenzvektor \underline{U}_{pR} wird wie dargestellt zurückgeführt.

Figur 17 zeigt einen vereinfachten, linearisierten Phasenregelkreis mit Regler 135 und spannungsgesteuertem Oszillator 136. Figur 17 zeigt,
5 daß am Ausgang des Reglers 135 ein der Fahrzeuggeschwindigkeit proportionales Signal abgegriffen werden kann. Da in diesem Fall auch für die Fahrzeuggeschwindigkeit ein analoges Signal zur Verfügung steht, ergibt sich gegenüber einer zeitdiskreten Geschwindigkeitsermittlung ein besseres von der Fahrgeschwindigkeit unabhängiges dynamisches
10 Verhalten des Fahrzeugs. Die Filterwirkung im einzelnen kann durch die Wahl der Reglerparameter eingestellt werden.

Ganz allgemein gilt, daß die Pollagesignale im geschlossenen Phasenregelkreis frequenzunabhängig gefiltert werden, so daß immer nur die
15 Grundwelle der Pollagesignale zur Erfassung der jeweiligen Fahrzeuglage des Magnetschwebefahrzeugs herangezogen wird. Weil lediglich analoge Signale verarbeitet werden, ist eine hohe Auflösung der Pollageinformation möglich.

20 Zur eindeutigen Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage ist die inkrementale Schlitzkodierung überlagert. Hierdurch ist gewährleistet, daß zur Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage nicht auf Speicherinhalte zurückgegriffen werden muß, sondern die gesuchte Information eindeutig aus dem aktuell gelesenen Datensatz bestimmbar ist.

25 Beide Maßnahmen entsprechen der Zielsetzung nach einer hohen Verfügbarkeit der Lagesignale dadurch, daß nach Beseitigung etwaiger Störungen eine Neufestlegung des am Fahrweg orientierten Bezugssystems nicht notwendig ist. Darüber hinaus ergibt sich eine Entschärfung von Problemstellen, wie sie zum Beispiel durch die notwendigen Dehnspalte (des Fahrwegs) gebildet werden, da die Pollagedekodierung einen integral messenden Charakter hat und die Dehnspalte selbst in einem Bereich der Meßleiste angeordnet werden, in dem keine inkrementalen Schlitzinformationen eingeschrieben sind.

Essen, den 3.2.1983

- 29 - PZ 3289 Fö/g1

3303961

- 22 -

BEZUGSZEICHENLISTE

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Statorblechpaket | 31 Festwertspeicher |
| 2 Drehstromwicklung | 32 Zwischenspeicher |
| 3 Tragmagnet | 33 Subtrahierwerk |
| 4 Magnetkern | 34 |
| 5 Erregerwicklung | 35 Festwertspeicher |
| 6 Schwebearstand | 36 Hochfrequenzgenerator |
| 7 Meßleiste | 37 Sendespule |
| 8 Metallbelag | 38 Empfangsspule |
| 9 Sensor | 39 Bandfilter |
| 10 Meßfläche | 40 Demodulator |
| 11 Sensorsystem | 41 Empfangssystem |
| 12 Sendespule | 42 Empfangsspule |
| 13 Empfängerspule | 43 Empfangsspule |
| 14 Trägermaterial | 44 Ausgangssignal |
| 15 Sendespule | 45 Ausgangssignal |
| 16 Empfangsspule | 46 Summationsstelle |
| 17 Rückseite | 47 Gleichrichter |
| 18 Hochfrequenzgenerator | 48 Quadrierbaustein |
| 19 Aufbereitungselektronik | 49 Komparator |
| 20 Bandfilter | 50 Spitzenwertmesser |
| 21 Verstärker | 51 Faktor |
| 22 Demodulator | 52 Sensoren |
| 23 Gleichspannungssignal | 53 Ausgangssignale |
| 24 Analogwandler | 54 Auswerteelektronik |
| 25 Taktgenerator | 55 Impulsaufbereitungsstufe |
| 26 Datenwort | 56 Relativlage Elektronik |
| 27 Festspeicher | 57 Fahrtrichtungselektronik |
| 28 Zwischenspeicher | 58 Beschleunigungsmesser |
| 29 Subtrahierwerk | 59 Integrator |
| 30 Adresse | 60 Integrator |

- 22 -

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 61 Schaltabstand | 101 Statorblechpaket |
| 62 Weiche | 103 Tragmagnet |
| 63 Langstatorwicklung | 107 Meßleiste |
| 64 Informationskanal | 112 Senderspule |
| 65 Empfänger | 113 Senderspule, Sensorsystem |
| 66 Zeitmeßeinrichtung | 120 Ausnehmungen |
| 67 Dividierer | 121 Zungen |
| 68 Impulszähler | 122 Sensor |
| 69 Zähler | 123 Sensor |
| 70 Festwertspeicher | 124 Schlitzkodierung |
| 71 Festwertspeicher | 125 Schlitz |
| 72 Festwertspeicher | 126 Abstandsraster |
| 73 Drehstromsystem | 127 Kerne |
| 74 Digitalanalogwandler | 128 Schenkel |
| 75 Digitalanalogwandler | 129 Wicklung (Erregung) |
| 76 Digitalanalogwandler | 130 Generator |
| 77 Multiplizierer | 131 Wicklung (Pollagedekodierung) |
| 78 Multiplizierer | 132 Stege |
| 79 Multiplizierer | 133 Wicklung (Schlitzdekodierung) |
| 80 Ausgangsspannung | 134 Schaltung |
| 81 Ausgangsspannung | 135 Regler |
| 82 Ausgangsspannung | 136 Oszillator |
| 83 Oszillator | 137 Konverter |
| 84 Summationsglied | |
| 85 Integrator | |
| 86 Eingangsspannung | |
| 87 Betragsbildner | |
| 88 Oszillator | |
| 89 Ringzähler | |
| 90 Komparator | |
| 91 Festwertspeicher | |
| 92 Festwertspeicher | |
| 93 Festwertspeicher | |

- 3A -
Leerseite

THYSSEN INDUSTRIE AG
PZ 3289 I

- 45 -

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

3303961
B 60 L 13/00
5. Februar 1983
18. August 1983

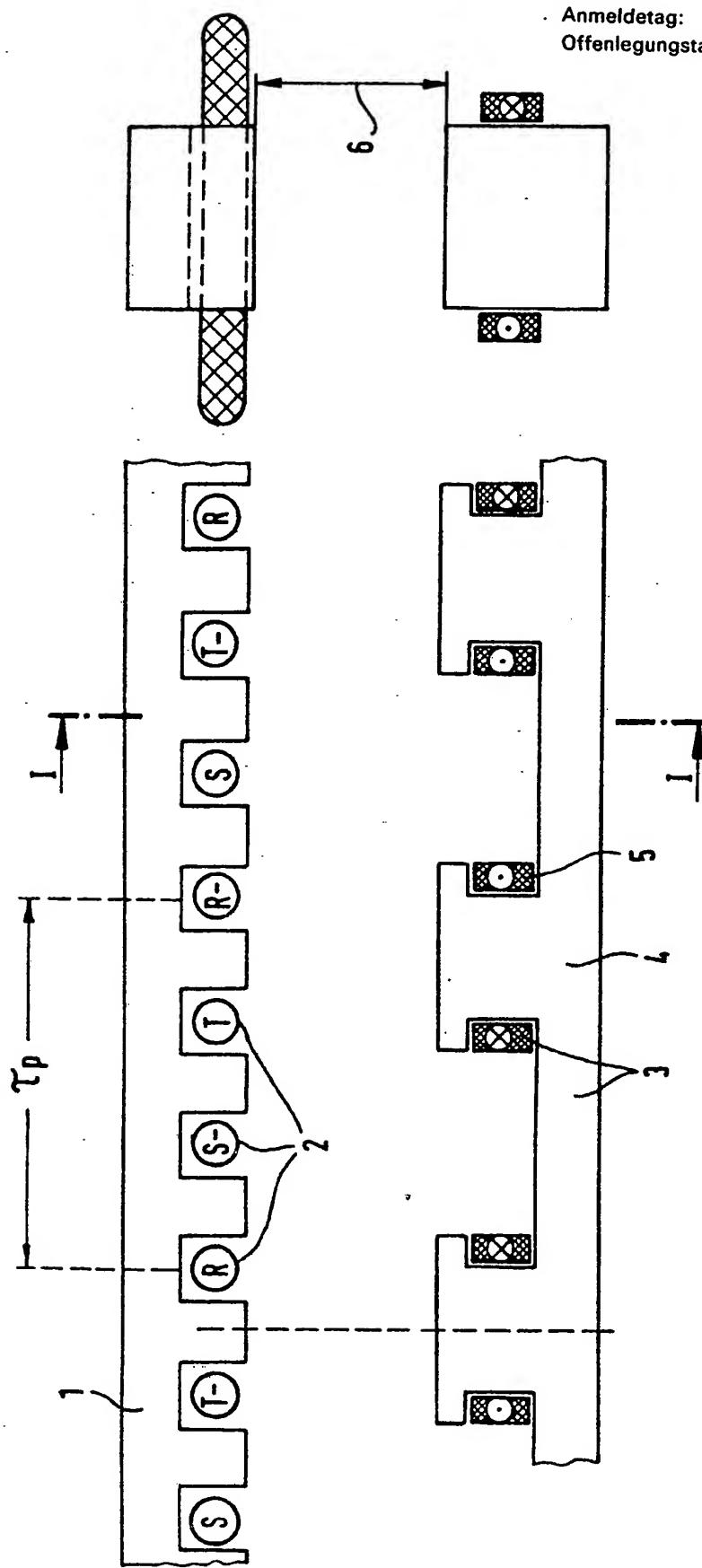


FIG. 1a

一
FIG.

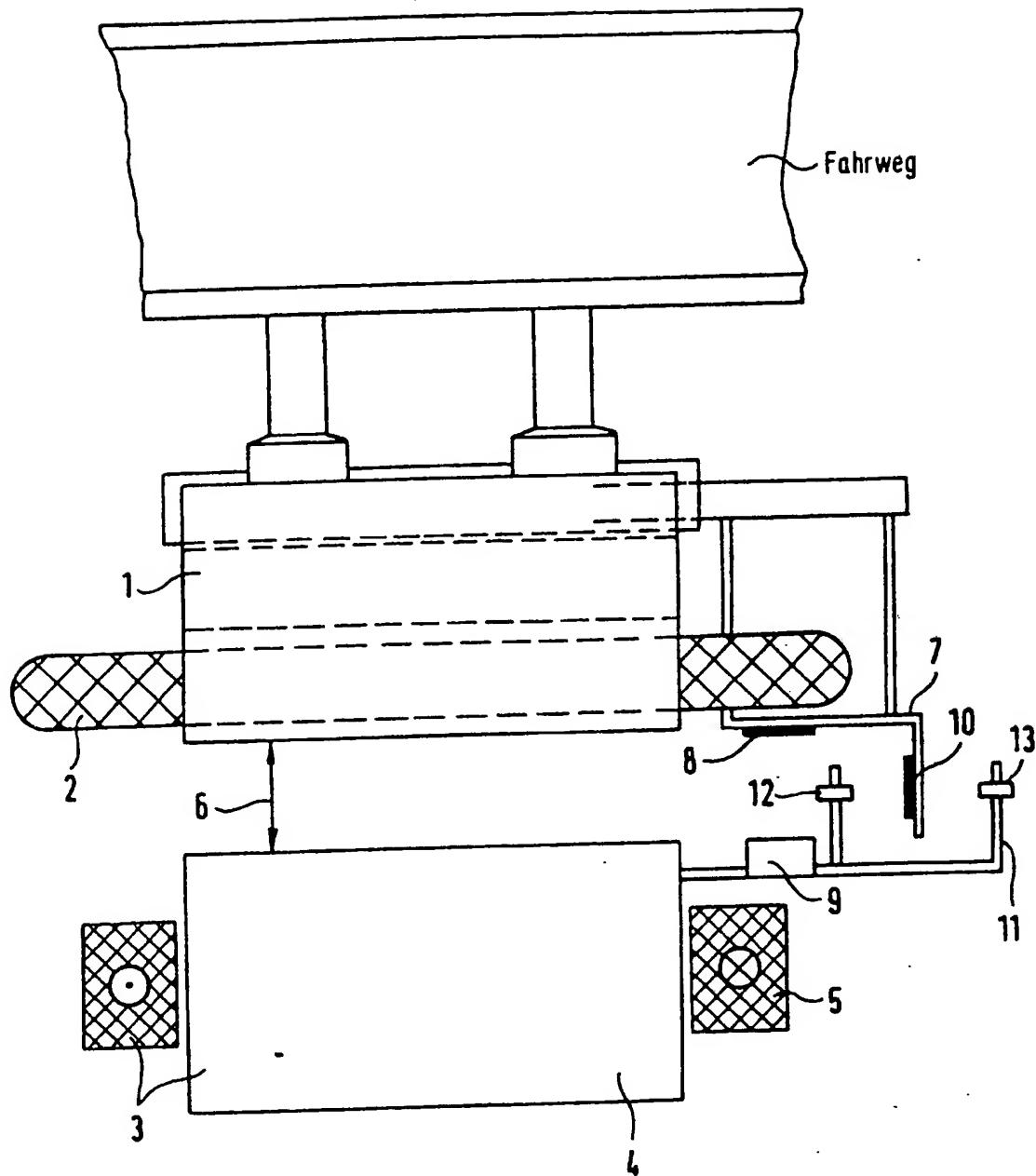


FIG. 2

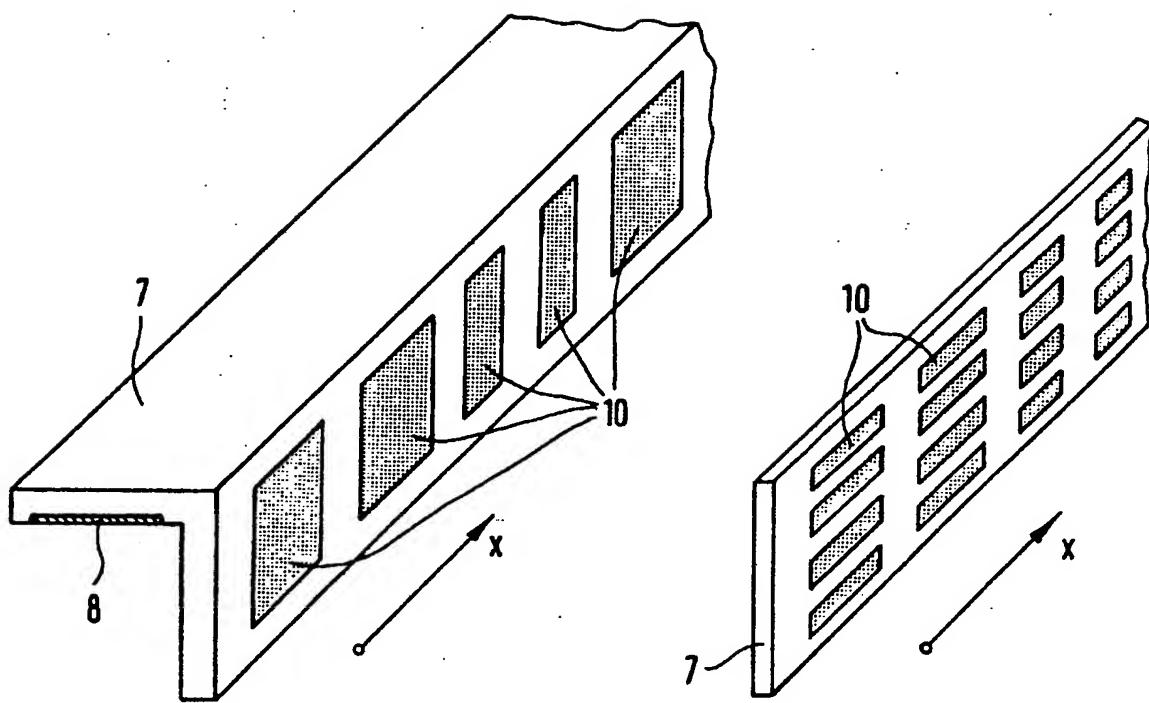


FIG. 3

FIG. 4

FIG. 5

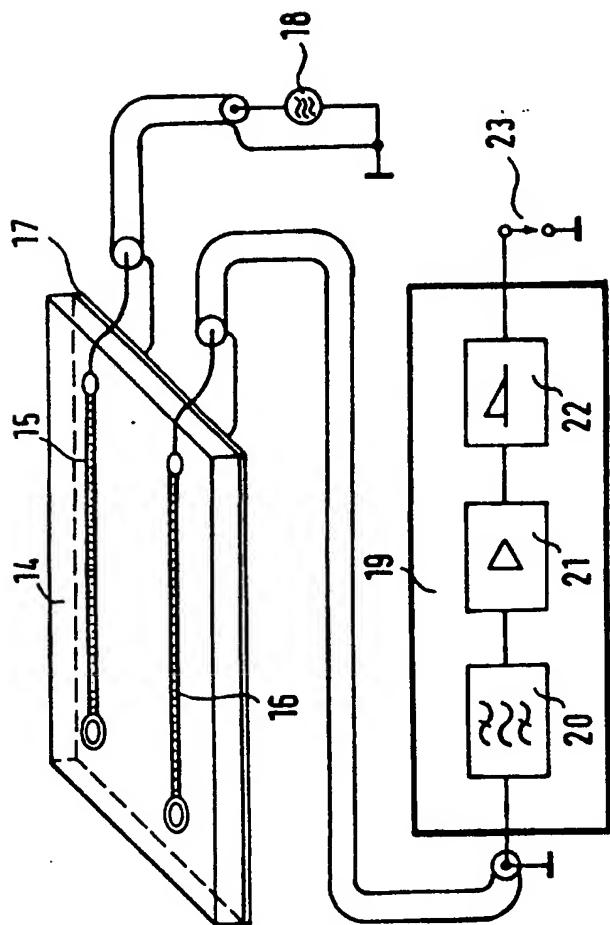
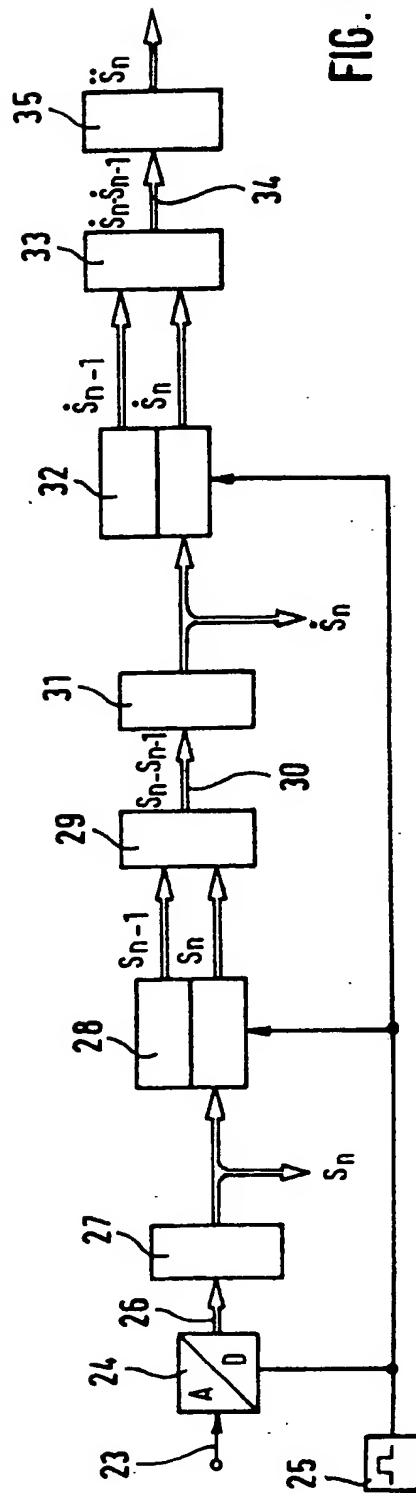


FIG. 6



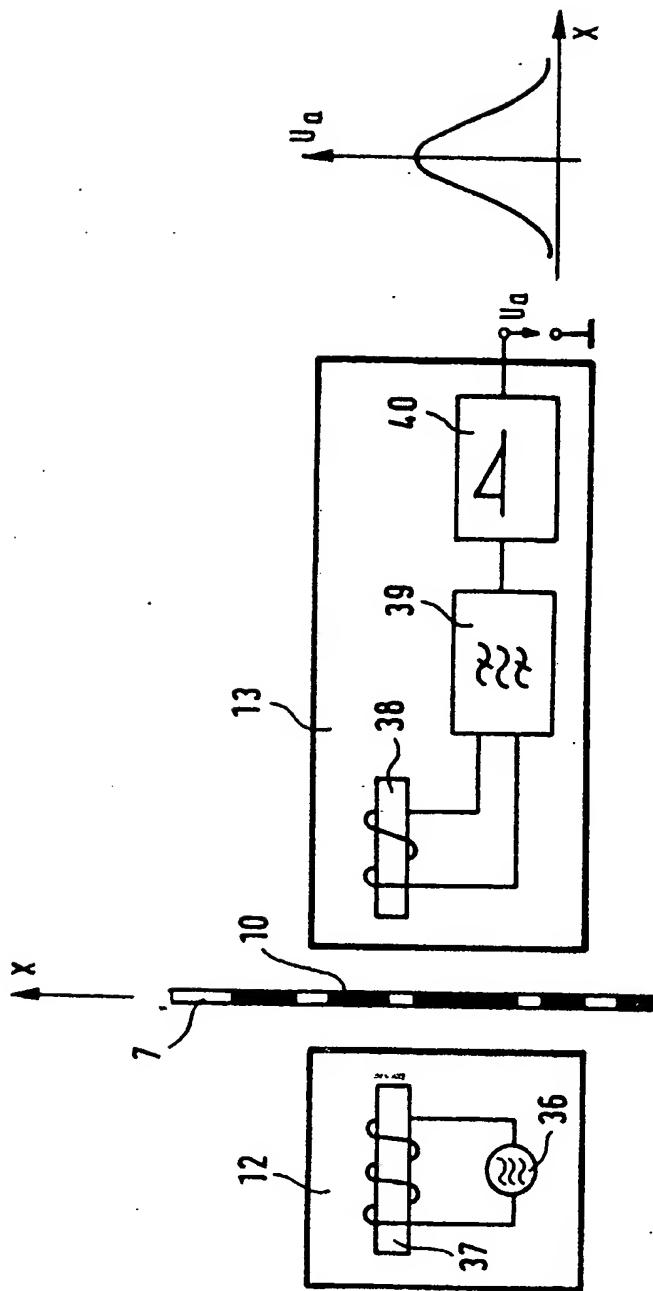
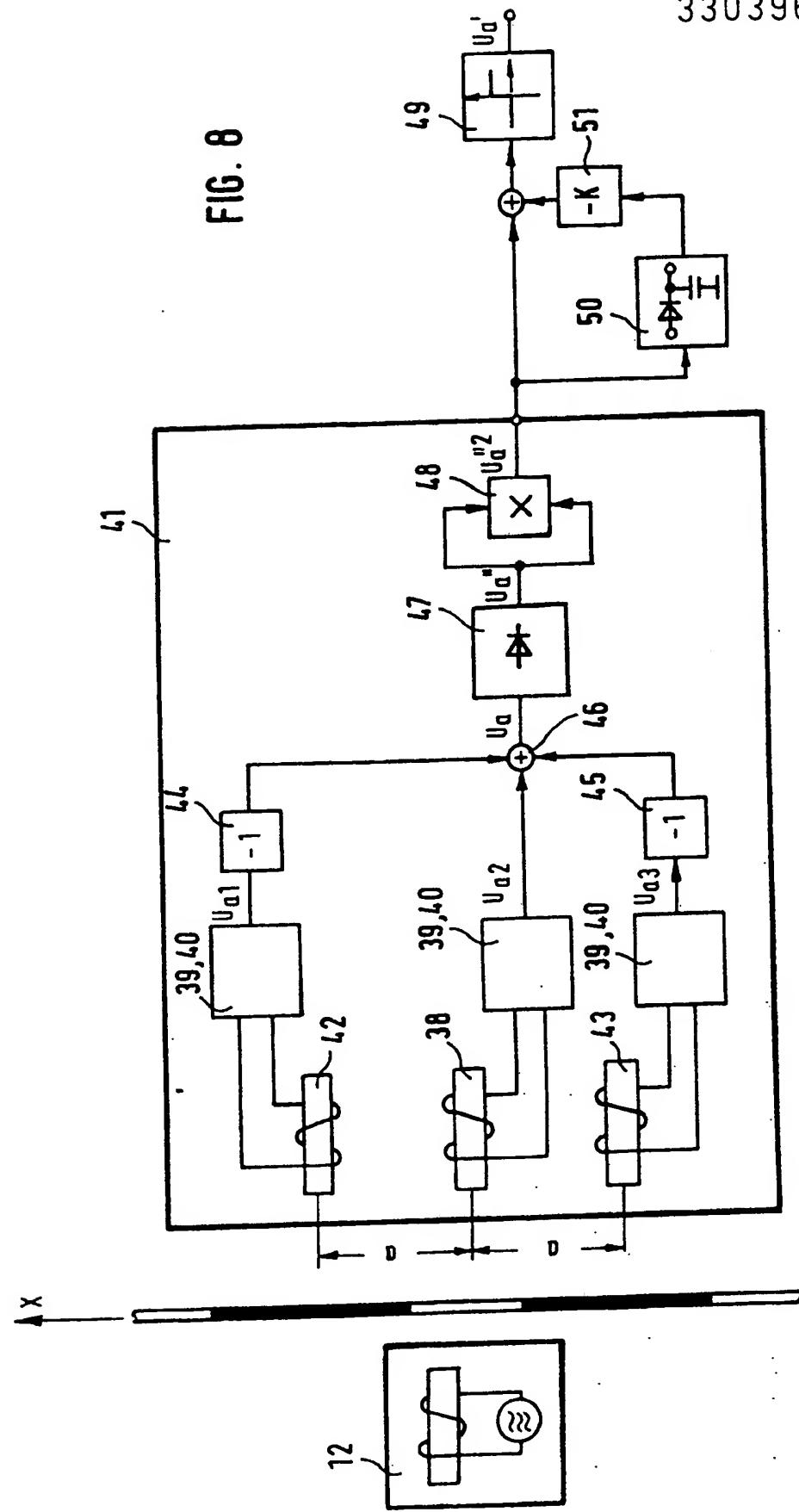


FIG. 7

FIG. 8



- 37 -

3303961

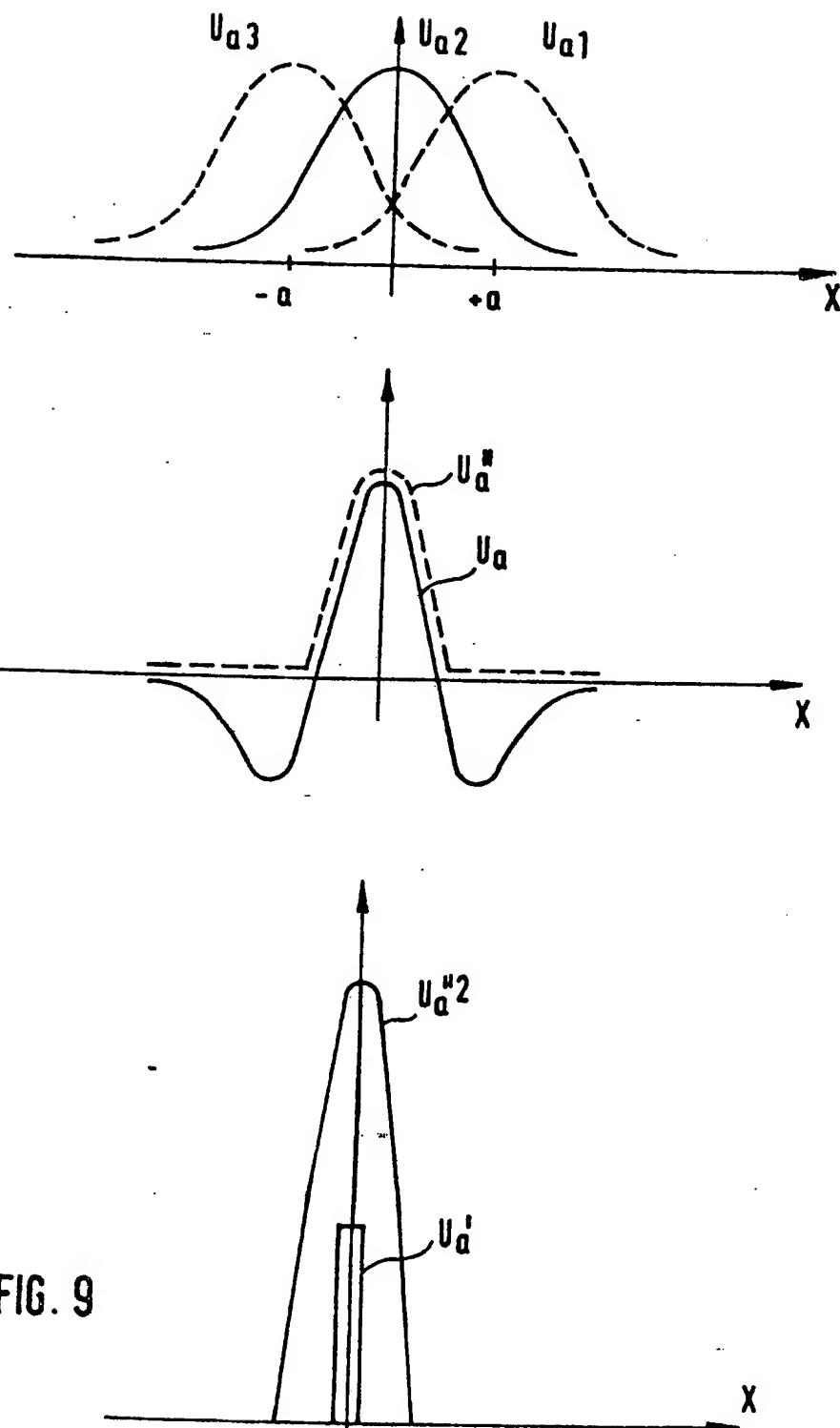
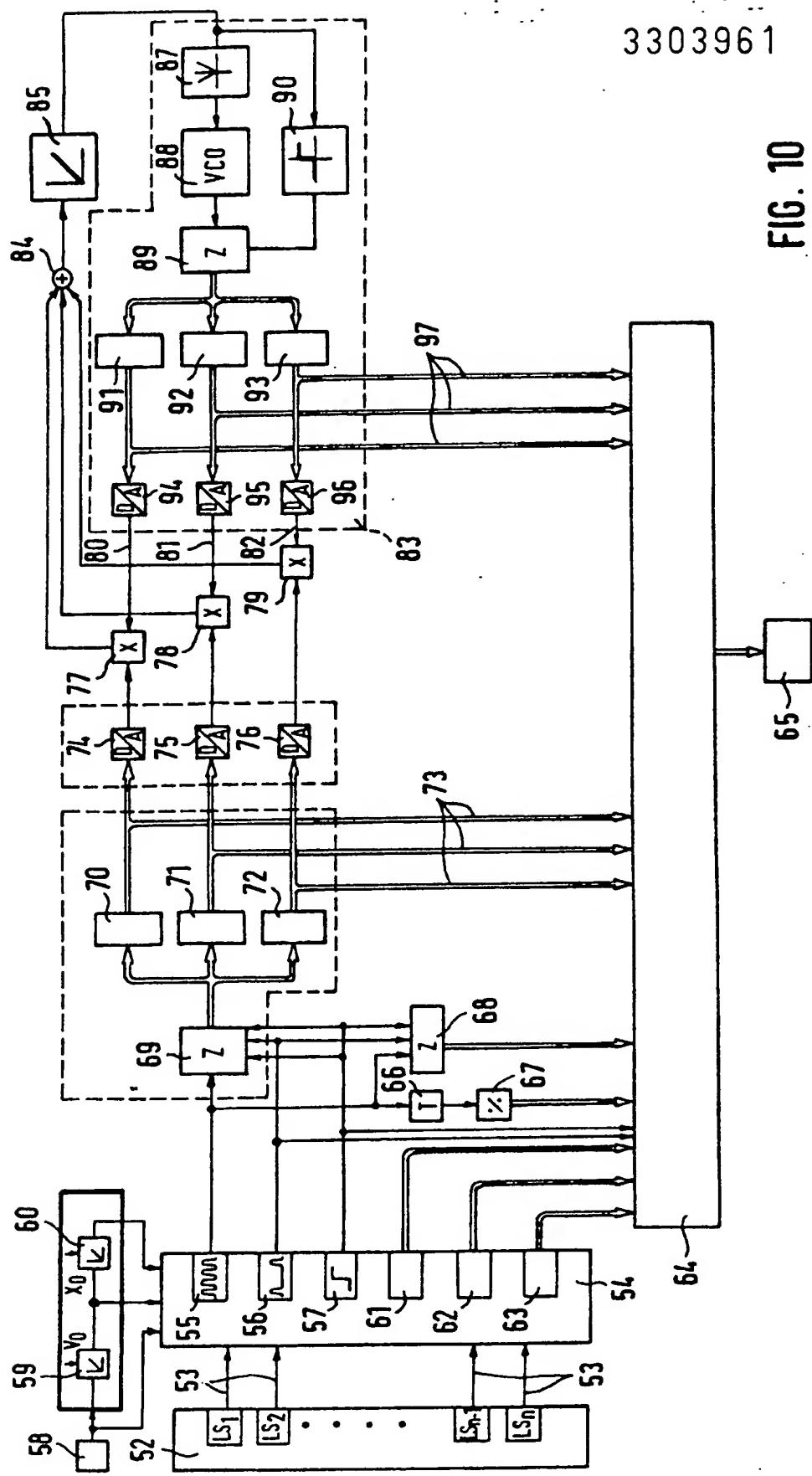


FIG. 9

3303961

FIG. 10



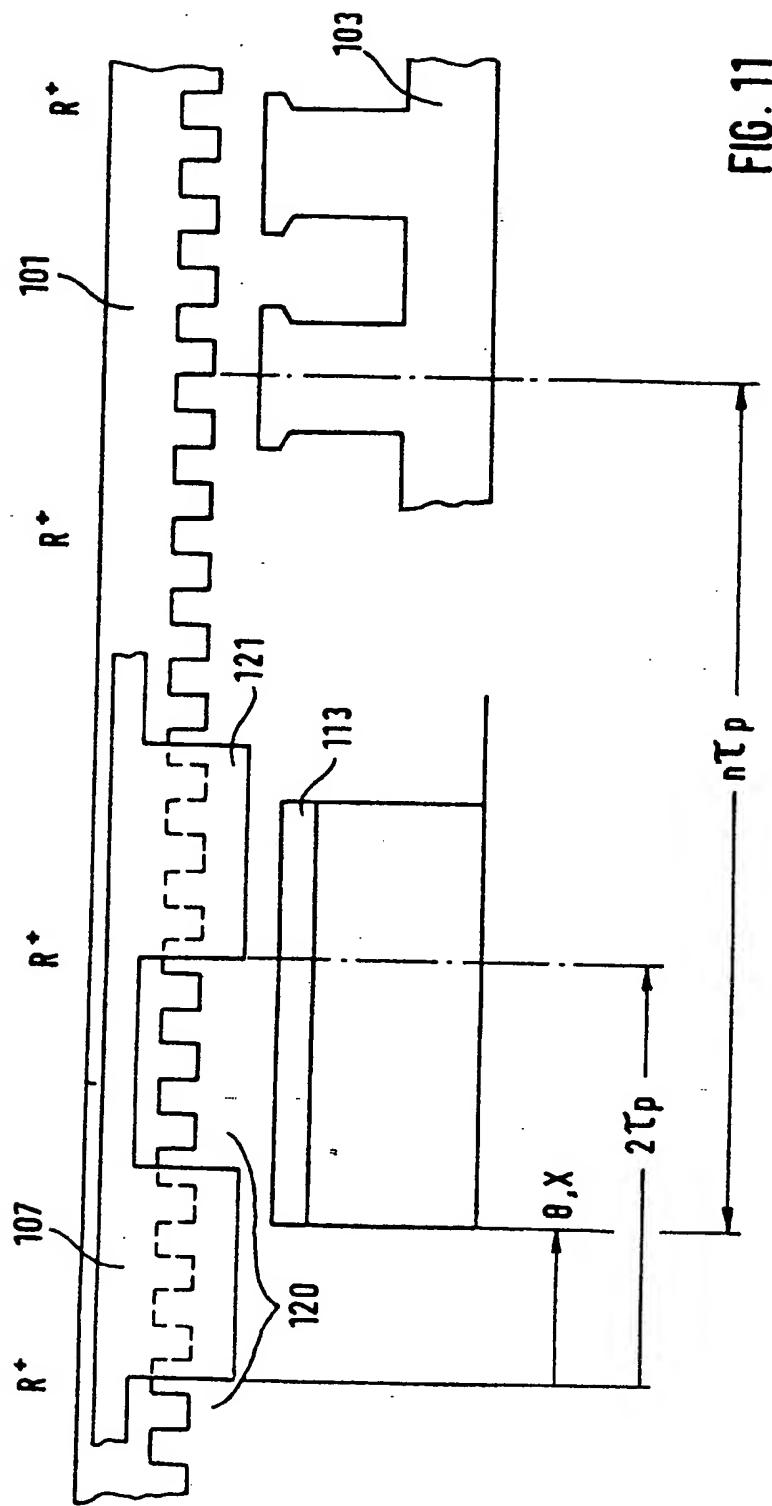


FIG. 11

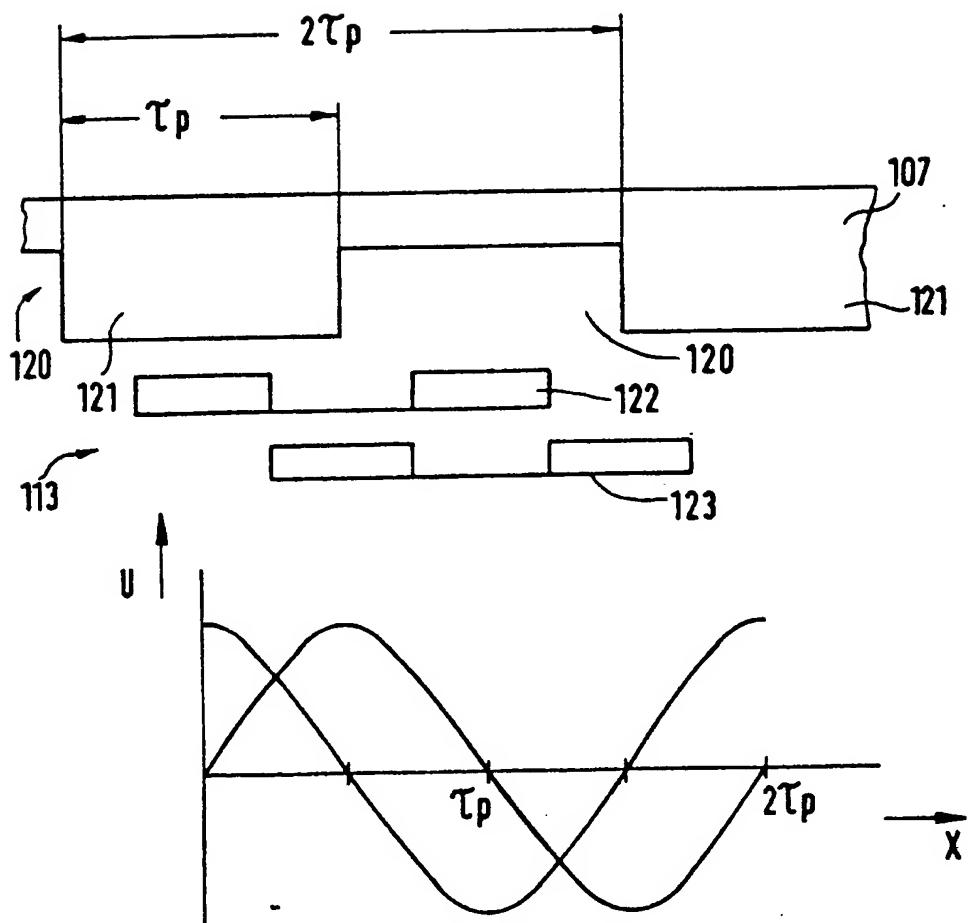


FIG. 12

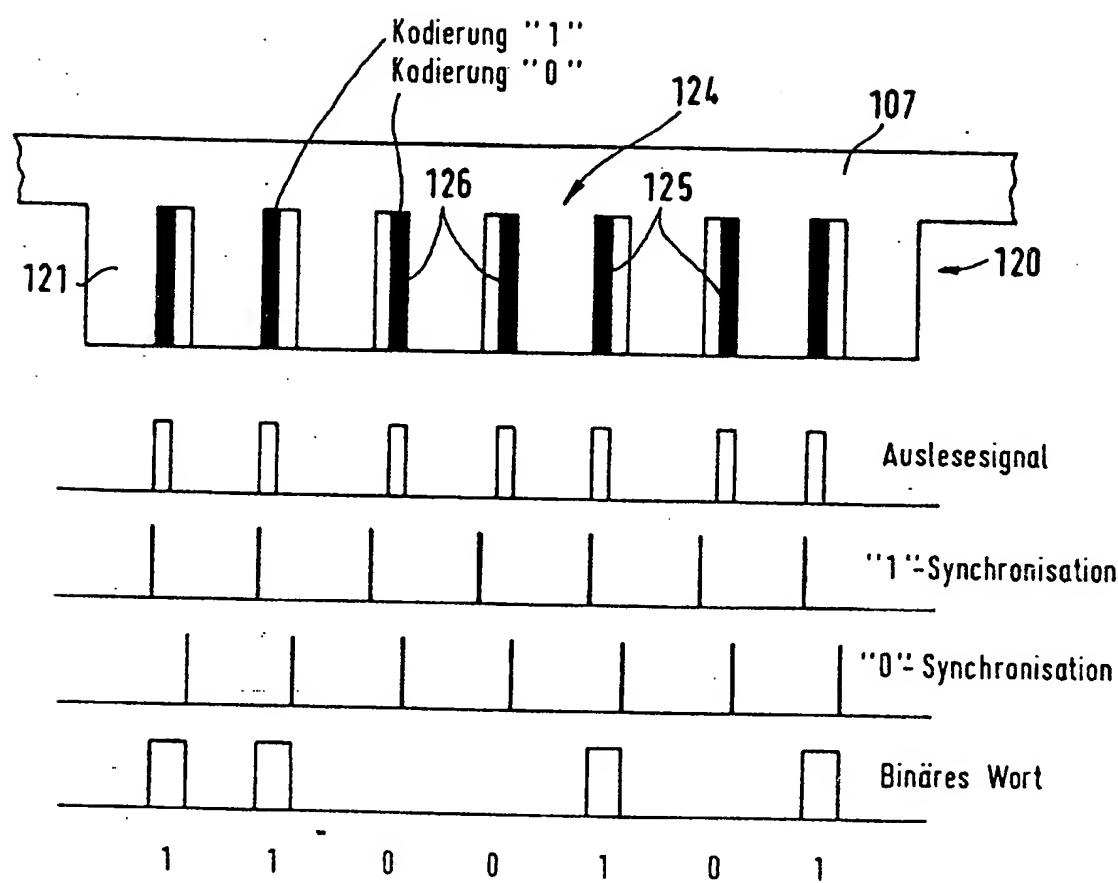


FIG. 13

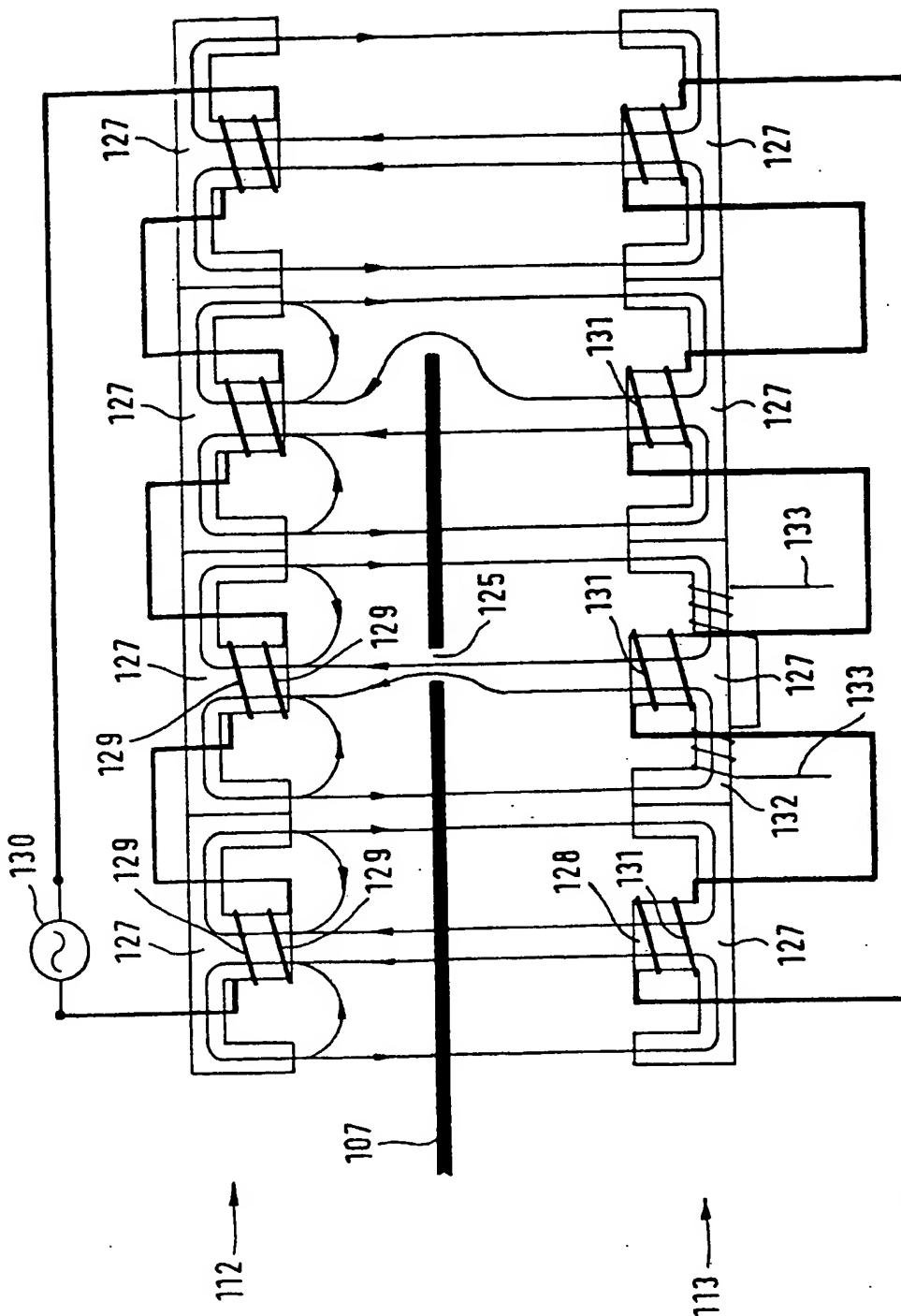


FIG. 14

$$\underline{U}_{pm} = \hat{U} [\cos \theta_m + j \sin \theta_m] = \hat{U} e^{j\theta_m}$$

$$\underline{U}_{pR} = [\cos \theta_R - j \sin \theta_R] = e^{-j\theta_R} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\underline{U}_{pm} \circ \underline{U}_{pR} = \hat{U} e^{j(\theta_m - \theta_R)}$$

$$= \hat{U} [\cos (\theta_m - \theta_R) + j \sin (\theta_m - \theta_R)]$$

$$= U_d + j U_q$$

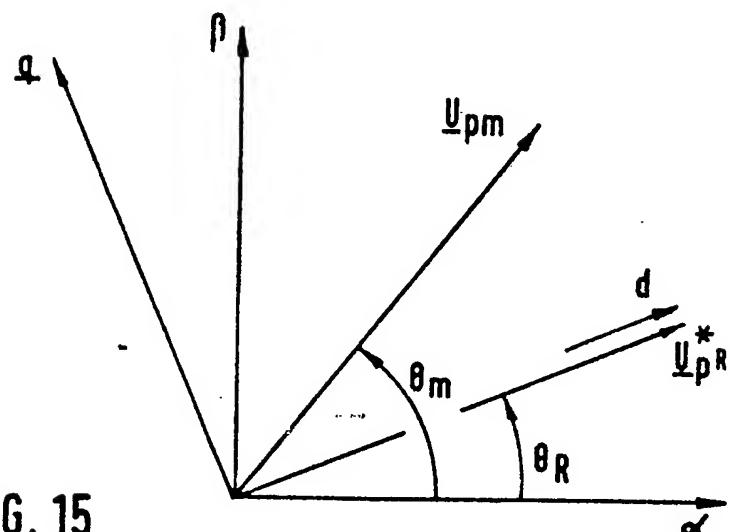


FIG. 15

FIG. 16

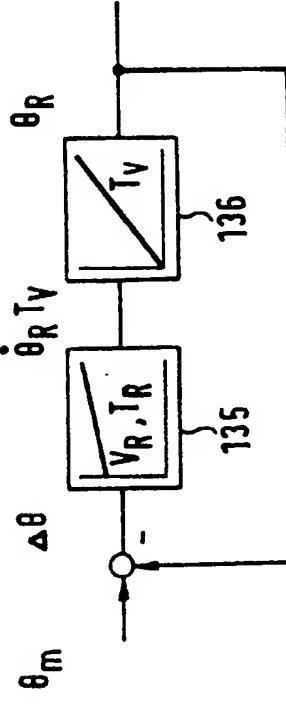
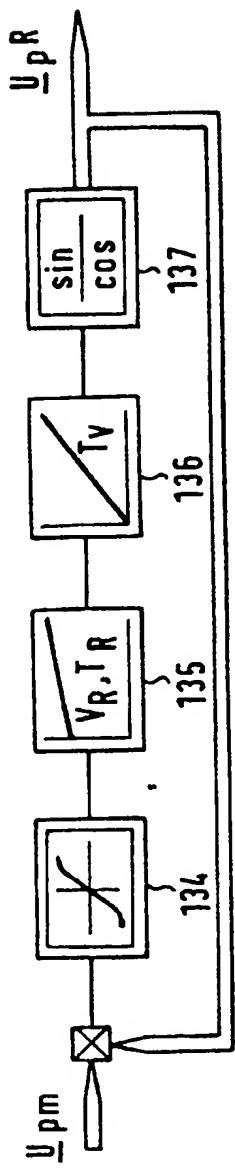


FIG. 17

$$V_R = \frac{T_p}{\pi} \dot{\theta}_R$$

FIG. 18